COMPARAÇÃO DE FONTES E DOSES DE ADUBOS FOSFATADOS NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) MERRIL), EM SOLO DE CERRADO

FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES
Engenheiro Agrônomo

Orientador: FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ DE MELLO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro, 1981

O F E R E C I M E N T O

A meus laboriosos pais Atilio e Alice

A meus sogros Vergilio e Edith

A meus irmãos

A meus cunhados

A meus sobrinhos

À minha esposa Creodeli

A G R A D E C I M E N T O S

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - "Campus" de Ilha Solteira, à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e ao convênio CAPES/PICD/UNESP, pela oportunidade proporcionada para realização do curso de Mestrado.

Ao Professor Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello pela amizade, orientação e sugestões para o bom desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Dr. Manoel Evaristo Ferreira pelo apoio, sugestões e amizade.

Aos Engenheiros Agrônomos Antonio Joaquim B.P. Braz, Maria Madalena Zocoller, Rita de Cássia Panizi, Roberval Daiton Vieira, Salatier Buzetti, Vinicio Martins do Nascimento, à Veterinária Maria Inez Espagnoli e à Zootecnista Cássia Maria S. Figueiredo pela amizade e auxílio na parte de campo desse trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Carlos Henrique Matioli pelo auxílio na análise estatística.

À técnica de laboratório Rita de Cássia G. Morelo pela amizade e eficiência.

Ao amigo Ricardo de Carvalho Franco e ao Professor Dr. Paulo Leonel Libardi, pelo auxílio na confecção do Summary.

Ao amigo Paulo José Costa, pela datilografia deste trabalho.

À minha esposa, que durante o período dos estudos e da pesquisa, tudo fez para que o autor tivesse êxito.

A meus pais e irmãos pelo apoio recebido e pelos exemplos de amor e trabalho.

A todos os colegas e professores do curso pela amizade e convívio.

E a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, o autor expressa sua gratidão.

ÍNDICE

Pág.

RESUMO..... viii.

SUMMARY..... x.

1. INTRODUÇÃO..... 1

2. REVISÃO DE LITERATURA..... 4

2.1. Generalidades..... 4

2.2. A soja no cerrado..... 5

2.3. O fósforo no solo..... 6

2.4. Adubos fosfatados..... 7

2.5. Comparação entre fontes..... 11

3. MATERIAL E MÉTODOS..... 18

3.1. Seleção e preparo da área..... 18

3.2. Amostragem do solo e característica química inicial..... 20

3.3. Ensaio de laboratório: determinação do valor "X"..... 21

3.4. Ensaio de campo..... 23

3.4.1. Calagem..... 23

3.4.2. Tratamentos: quantidades e fontes de fósforo..... 24

3.4.3. Adubação complementar: quantidades e fontes utilizadas..... 26

3.4.4. Aplicação e incorporação dos fertilizantes..... 27

Pág.

3.4.5. Cultura, densidade e data de semeadura .. 28

3.4.6. Condução do experimento..... 29

3.4.7. Avaliação..... 29

3.4.7.1. Amostragem de solo e análise química..... 29

3.4.7.2. Produção de grãos..... 30

3.4.7.3. Análise estatística..... 31

3.4.7.4. Método da máxima eficiência técnica (MET e da máxima eficiência econômica (MEE)..... 32

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 34

4.1. Ensaio de laboratório: determinação do valor "X"..... 35

4.2. Efeito dos tratamentos sobre o fósforo no solo..... 37

4.3. Efeitos da adição dos adubos fosfatados na produção de grãos de soja..... 40

4.3.1. Análise conjunta da produção de soja nos anos agrícolas 1978/79 e 1979/80..... 41

4.3.2. Análise da produção de grãos de soja nas fontes e doses de P_2O_5 total a lanço + manutenção, no segundo ano..... 49

Pág.

4.4. Eficiência estimada dos fosfatos comparada ao superfosfato triplo no segundo ano..... 60

5. CONCLUSÕES..... 64

6. LITERATURA CITADA..... 65

7. APÊNDICE..... 75

COMPARAÇÃO DE FONTES E DOSES DE ADUBOS FOSFATADOS NA CULTURA DE SOJA |*Glycine max* (L.) MERRIL|, EM SOLO DE CERRADO

FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES

Orientador:

FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ DE MELLO

RESUMO

Por ser o fósforo, de um modo geral, o nutriente de plantas limitante em solos sob vegetação de cerrado efetuou-se o presente trabalho para investigar esse fato e comparar os efeitos de três fontes de fósforo, em quatro doses na produção de grãos de soja cultivar UFV-1, em um solo sob vegetação de cerrado, classificado como Latossolo Vermelho Escuro álico, textura argilosa, da Fazenda Experimental da UNESP - "Campus" de Ilha Solteira, município de Selvíria, MS.

No ano agrícola 1978/79 (1º cultivo) os tratamentos foram instalados a partir de três fontes fosfatadas (superfosfato triplo, termofosfato Mg-Yoorin e fosfato de Araxá) e quatro níveis (considerando-se os fatores 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 vezes o valor "X", calculado pelo processo de WAUGH e FITTS (1966) modificado por FERREIRA *et alii* (1978), aplica-

dos a lanço e incorporados a uma profundidade de 0-20 cm. No ano agrícola 1979/80 (2º cultivo) os tratamentos foram formados pelos tratamentos do primeiro cultivo (efeito residual) mais cinco níveis de adubação fosfatada (superfosfato triplo) em manutenção no sulco de plantio.

Para avaliação, realizou-se amostragem de solo em diferentes períodos (outubro e novembro de 1978; março e novembro de 1979; março de 1980) determinando-se pH, Al^{+3} trocável, Ca^{++} + Mg^{++} trocáveis e P solúvel em NH_4F 0,03N + HCl 0,025N (Bray-1) e produção de grãos no ano agrícola 1978/79 e ano agrícola 1979/80.

Os resultados obtidos evidenciam que o solo de cerrado do município de Selvíria, MS (Fazenda Experimental da UNESP - "Campus" de Ilha Solteira), com o qual se trabalhou respondeu à adubação fosfatada. O valor "X" calculado para a adubação corretiva proporcionou a máxima eficiência econômica (MEE) para o termofosfato Mg-Yoorin no segundo cultivo (ano agrícola 79/80). O termofosfato Mg-Yoorin do ponto de vista técnico, apresentou comportamento semelhante ao superfosfato triplo no primeiro cultivo, quando usado em adubação corretiva, e foi superior ao mesmo quanto aos efeitos residuais. O fosfato de Araxá aumentou sua eficiência agronômica, com ou sem manutenção no segundo cultivo. A sua eficiência comparada ao superfosfato triplo foi superior a 80%, com ou sem adubação de manutenção.

COMPARISON OF SOURCES AND LEVELS OF PHOSPHATIC FERTILIZER APPLIED IN A CERRADO SOIL AND THEIR EFFECTS ON YIELD OF SOYBEAN |*Glycine max* (L.) MERRIL| CROP

Author: FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES

Adviser: FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ DE MELLO

SUMMARY

Generally speaking, phosphorus is a limiting plant nutrient in "Cerrado" soils. The present work was carried out with the objective of investigating this fact, through the comparison of the effects of three sources of phosphorus applied in four levels, on the grain yield of soybeans |*Glycine max* (L.) Merril|. The "Cerrado" soil used was a Dark Red Latosol from the experimental farm of Ilha Solteira UNESP "Campus", located in county of Selvíria (MS). The soybean variety chosen was UFV-1.

Two cropping periods were studied. In the first one, the phosphorus sources were triple superphosphate, Mg-Yoorin thermophosphate and "Araxá" rock phosphate; the phosphorus levels were calculated according to the WAUGH and FITTS (1966) procedure as modified by FERREIRA *et alii* (1978) considering the factors 0.5-1.0-1.5 and 2.0 times the "X" value. Fertilizers were broadcast and then incorporated in top 0-20 cm

of the soil. In the second cropping period, the residual effect of the first cropping period treatments and five maintenance phosphorus (triple superphosphate) fertilization levels, in banded application, were studied.

In order to evaluate the results of the experiment, values of pH, exchangeable Al^{3+}, exchangeable Ca^{2+} + Mg^{2+} and P soluble in 0.03N NH_4F + 0.025N HCl (BRAY-1) were determined in soil samples taken from the field in different periods (October and November, 1978; March and November, 1979; March, 1980). Grain yields of the two cropping periods were also considered.

Results have shown that the soil reacted positively to the phosphorus fertilization. The "X" value calculated for the corrective fertilization offered maximum economic efficiency for the Mg-Yoorin thermophosphate in the second cropping period. The Mg-Yoorin thermophosphate, used as a corrective fertilized, showed from the technical point of view, a behavior similar to that of the triple superphosphate in the first cropping period, but it was better with respecti to residual effects. The "Araxá" rock phosphate increased the agronomic efficiency with or without banded maintenance fertilization in the second cropping period. Its efficiency in comparison with the triple superphosphate was higher than 80% with or without banded maintenance fertilization.

1. INTRODUÇÃO

A crescente expansão da agricultura brasileira, principalmente nos Estados do Sul e Sudeste, veio determinar uma escassez de áreas de cultivo, o que fez com que se buscassem novas áreas de plantio.

As áreas sob vegetação de cerrado, na sua maioria inexploradas, apresentam topografia, em geral, adequada à expansão de uma agricultura mais avançada (VERDADE, 1971), e correspondem a, aproximadamente, 180 milhões de hectares, o que equivale à cerca de 21% do território nacional (EMBRAPA, 1976). A utilização destas áreas não vinha recebendo a devida atenção pela baixa produtividade que normalmente se observava nas mesmas. Porém, com os levantamentos já feitos, sabe-se que entre outros problemas, os solos sob vegetação cerrado apresentam limitação quanto à fertilidade. Neste aspecto, LEAL e VELLOSO (1973), FREITAS e SILVEIRA (1977), entre outros auto-

res, têm registrado o fato de que um dos elementos mais problemáticos é o fósforo, notando-se não só baixos teores totais, como também baixa disponibilidade do elemento em questão e ainda, uma alta capacidade destes solos em retê-los.

Então, para a efetiva incorporação das terras de cerrado à agropecuária, faz-se necessária a sua recuperação, a qual, em termos de fósforo, pode ser feita através da já conhecida adubação corretiva, aplicando-se e incorporando-se fosfato à maneira como se faz nas terras de cultivo, com o calcário. Evidentemente que dados os baixos teores do elemento e a alta capacidade de retenção do mesmo nestes solos, seria necessária a aplicação de quantidades relativamente grandes de adubos fosfatados.

Para a realização da adubação corretiva pode lançar mão dos fosfatos naturais, dos quais encontram-se jazidas em potencial na região dos cerrados (PARADA e ANDRADE, 1977), dos fosfatos industrializados, e até mesmo da associação de ambos.

Por outro lado, apesar da pesquisa em áreas de cerrados ser relativamente recente, tem-se considerável número de dados relativos ao aproveitamento dos mesmos, inclusive com a implantação da cultura da soja, a qual, nestes últimos anos, tem sido objeto de sensível incremento, nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, onde se localiza a quase totalidade dos cerrados brasileiros.

HIPÓTESE

Por ser o fósforo, de um modo geral, o nutriente de plantas limitante em solos sob vegetação de cerrado efetuou-se o presente trabalho para investigar esse fato e comparar os efeitos de três fontes de fósforo, em quatro doses na produção de grãos de soja |*Glycine max* (L.) Merril| em um solo sob vegetação de cerrado, do município de Selvíria, MS.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES

Os solos sob vegetação de cerrado são altamente intemperizados, apresentam, de maneira geral, acidez elevada, alto poder de fixação de P e deficiência generalizada de nutrientes (JONES e FREITAS, 1970; FREITAS *et alii*, 1971; SOARES *et alii*, 1975; EMBRAPA/CPAC, 1976).

McLUNG *et alii* (1958), estudando dois solos do Estado de São Paulo e um de Goiás, sob vegetação de cerrado, verificaram que quando todos os nutrientes, menos o fósforo, foram misturados com a terra, estes solos produziram de 5 a 10% da quantidade de matéria seca obtida no tratamento completo. Os autores concluíram que o fósforo seria o elemento limitante ao considerar o futuro agrícola destes solos de cerrado.

Por outro lado, sabe-se que hoje o fósforo é o elemento mais limitante ao desenvolvimento das plantas cultivadas em solos sob vegetação de cerrado. Na ausência de adubação fosfatada e mesmo na presença dos demais nutrientes, não se conseguiu por exemplo, nenhuma produção de espigas de milho (FREITAS *et alii*, 1972) ou de grãos de trigo (EMBRAPA / CPAC, 1976) em solos de cerrado do Distrito Federal (Latossolo Vermelho Escuro - textura argilosa, em locais diversos).

Em uma revisão de trabalhos realizados em condições de cerrado, visando a produção de culturas, VERDADE (1971) concluiu que entre as culturas que apresentam maiores possibilidades econômicas está a da soja.

2.2. A SOJA NO CERRADO

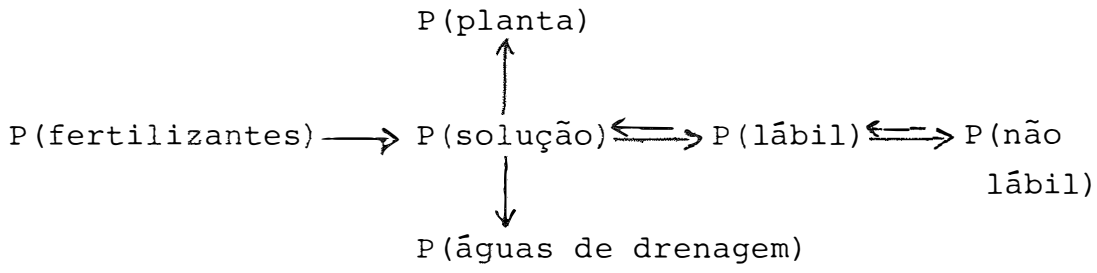
A soja é uma planta que se adapta às diferentes condições de solo, sendo atualmente cultivada em larga escala em diferentes tipos de solo, e até mesmo em solos de baixa fertilidade e acidez elevada, após corrigidas (CARTER e HARTWIG, 1963; MASCARENHAS *et alii*, 1977). Deste modo, pode ser produzida em solos sob vegetação de cerrado, após calagem racional e adubação adequada, como é mostrado nos trabalhos de FREITAS *et alii* (1963), MIYASAKA *et alii* (1964), BLANCO *et alii* (1967), RIOS *et alii* (1971) e PEREIRA *et alii* (1974).

O nutriente fósforo foi evidenciado ser um dos

fatores mais limitantes da produção de soja, em solos sob vegetação de cerrado, em vários trabalhos experimentais (JACOMINE, 1961; FREITAS *et alii*, 1963; MIYASAKA *et alii*, 1964; BLANCO *et alii*, 1965; MASCARENHAS *et alii*, 1967; RIOS *et alii*, 1971; PEREIRA *et alii*, 1974 e EMBRAPA/CPAC, 1980). Este elemento não tem apenas ação direta na nutrição da soja. Ele ajuda no desenvolvimento da planta, no rendimento de grãos e serve, também para o desenvolvimento das bactérias fixadoras de nitrogênio (SICHMANN, 1977).

2.3. O FÓSFORO NO SOLO

A dinâmica do fósforo no solo pode ser representada da seguinte forma (Larsen, 1971 citado por VOLKWEISS e RAIJ, 1977):



Esta representação mostra que a disponibilidade de fósforo para as plantas está diretamente ligada à concentração do P na solução do solo, assim como a quantidade de P que é absorvida pela planta depende do equilíbrio das de-

mais formas com a solução.

O fósforo adicionado ao solo na forma de fertilizante, assim como o P nativo, é envolvido por reações de adsorção que o torna pouco disponível para as plantas. O P-lábil entra em equilíbrio mais ou menos rápido com o P da solução e o P-não lábil entra em equilíbrio muito lentamente. O conjunto do P-lábil e P-não lábil constitui o P - sólido (VOLKWEISS e RAIJ, 1977).

Os mecanismos através dos quais o P da solução do solo pode chegar até a zona de absorção das raízes são intercepção radicular, fluxo de massa e difusão. O mecanismo mais importante é o da difusão (OLSEN *et alii*, 1962; COREY, 1973).

A lixiviação do fósforo no perfil do solo é lenta (PHILLIPS e WEBB, 1971), todavia existem comprovações de sua movimentação, como a observada por GOEDERT *et alii* (1971) em um plano-solo arenoso em que o fósforo extraível nas várias profundidades compreendidas entre zero e 50 cm foi superior à do solo virgem, após oito anos de aplicação de adubos fosfatados.

2.4. ADUBOS FOSFATADOS

Várias são as fontes minerais e orgânicas capazes de aumentar o P da solução do solo e conseqüentemente a

absorção deste pela planta.

As fontes de adubos fosfatados são compostos com alto teor de fósforo, de composição química variável e, basicamente, classificadas em fosfatos naturais e industrializados.

Os fosfatos de rocha, também chamados de fosfatos naturais, são obtidos pela extração direta dos depósitos de minérios de fosfatos ocorrentes na natureza (VIEGAS *et alii*, 1961 e VIEGAS *et alii*, 1961a). Dentre os fosfatos naturais temos dois grupos: os cristalinos e os sedimentares. Os cristalinos possuem estrutura cristalina definida, são duros, estáveis e insolúveis em água (COOKE, 1967). A ocorrência mais comum é da fluorapatita $|Ca_5(Po_4)_3F|$, aparecendo em menor escala a cloroapatita $|Ca_5(PO_4)_3Cl|$ e a hidroxiapatita $|Ca_5(PO_4)_3OH|$. Os fosfatos sedimentares, mineralogicamente chamados de fosforitas, são originários de sedimentos minerais e orgânicos. São amorfos, por isso, menos estáveis, apresentando características físicas, químicas e mineralógicas variáveis, que diferem segundo a intensidade de substituições isomórficas na rede cristalina. Assim, existem as substituições de flúor por cloro e a do cálcio por magnésio e/ou sódio; as substituições mais importantes são as que envolvem o PO_4^{3-} por $CO_2^{2-} + F^-$ ou $CO_2^{2-} + OH^-$, que alteram a estrutura do cristal, diminuindo o tamanho e a estabilidade, o que contribui para o seu aumento de solubilidade. A não ocorrência dessas substituições resulta em estruturas cristalinas

fortes, o que explica a maior solubilidade dos fosfatos de origem sedimentar quando comparados com os fosfatos de origem ígnea (LEHR e McLELLAN, 1972).

Deste modo, entre os fosfatos naturais brasileiros disponíveis no mercado, para aplicação direta como fertilizante fosfatado, tem-se o oriundo de Araxá (região dos cerrados), que em linhas gerais é um fosfato de cálcio natural cristalino de coloração parda. Não é uma fluoroapatita pura porque possui mistura de minerais como a baritina, goetita e sílica, sendo que a calcita nem sempre ocorre. As características básicas são: teor médio de P_2O_5 total variando de 22,8 a 30%; teor médio de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico à 2% em torno de 5,5%; e 85% das partículas passando em peneira de 200 mesh. Além disso, apresenta teores apreciáveis de CaO, variando de 40 a 43% (MACEDO, 1975; EMBRAPA/CPAC, 1976; GOEP - FERT, 1976).

Os fosfatos industrializados são obtidos por acidulação ou calcinação da rocha fosfatada, originando respectivamente os fosfatos solúveis e os termofosfatos. Esses processos de industrialização visam a transformação do fosfato tricálcico em fosfato mono ou dicálcico, mais solúveis que os fosfatos de rocha.

Dos fosfatos solúveis em água, os mais comumen

te usados em nosso meio são os superfosfatos, e desses, os mais importantes são os superfosfatos simples e o superfosfato triplo. O superfosfato triplo, segundo MALAVOLTA (1967), é constituído essencialmente por fosfato monocálcico obtido por dupla acidulação; a primeira para produção de ácido fosfórico livre e a segunda para o ataque do minério fosfatado por tal ácido. Como características principais apresenta: 45 a 48% de P_2O_5 total; em torno de 42% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico à 2%; em torno de 38% de P_2O_5 solúvel em água.

O termofosfato é obtido por via térmica, pelo aquecimento da rocha fosfatada à temperatura que varia de 900 a 1.500°C, com ou sem aditivos, visando aumentar a solubilidade do fosfato. Embora a estrutura da apatita seja quebrada pela alta temperatura, o fosfato resultante permanece insolúvel em água, porém solúvel em ácidos (ANDA, 1975). Este processo não é muito utilizado na América Latina, mas é comum na Europa, especialmente na Alemanha (WHITNEY e HOLLINGSWORTH,1969).

No Brasil, mais especificamente em Poços de Caldas - MG, é produzido o termofosfato magnesiano, o qual é obtido pela calcinação da rocha fosfatada (fosfato de Araxá) com rocha magnesiana a uma temperatura de 1.500°C, o qual apresenta as seguintes características: teor médio de P_2O_5 total em torno de 19%; teor médio de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico à 2% em torno de 18% (EMBRAPA/CPAC, 1976). Ainda apre-

senta teores consideráveis de MgO, CaO e SiO_2, cujos valores são respectivamente: 18%, 30% e 25%.

Em termos de aumento de fósforo a disposição para as plantas, os fosfatos solúveis e naturais têm, de acordo com o citado por VOLKWEISS e RAIJ (1977), comportamentos diametralmente opostos. Por outro lado, os resultados obtidos por NOVAIS *et alii* (1980), sugerem que, embora haja uma reação do fosfato natural (fosfato de Araxá) com o solo, com o aumento do tempo de incubação, essa reação forma, aparentemente, produtos de menor disponibilidade de fósforo para as plantas que o material original. Portanto, sem dúvida alguma estes são aspectos que apoiados também nos de disponibilidade e preço devem ser cuidadosamente analisados.

2.5. COMPARAÇÃO ENTRE FONTES

Após uma revisão dos trabalhos nesta área, SEATZ *et alii* (1963) concluíram que a melhor fonte de fósforo depende das condições de campo, das condições físicas do solo, das espécies de plantas a serem cultivadas e das doses de fertilizantes aplicados.

Peterson *et alii* (1953) citado por SEATZ *et alii* (1963), resumiram os resultados de vários experimentos de comparação de fontes de fósforo em quinze Estados do Oeste Norte-Americano. Nestes trabalhos, os superfosfatos simples e triplo, fosfato diamônio e ácido fosfórico líquido foram mais efetivos do que o fosfato bicálcico. Fosfato tricálcico e fosfato natural foram as menos efetivas de todas as fontes.

No Brasil, alguns pesquisadores (KALCKMANN *et alii*, 1959; MACEDO, 1975; GOEPFERT *et alii*, 1976) observaram que fosfatos solúveis têm-se mostrado eficiente a curto prazo, porém FOLE e GRIMM (1973) verificaram que dois a três anos apos a sua aplicação perde sensivelmente o seu efeito residual, quando o fosfato natural entra em plena atividade no solo, fazendo com que haja uma equivalência entre os fosfatos solúveis e naturais. Tal fato está bem discutido em VOLKWEISS e RAIJ (1977).

Por outro lado, mais especificamente em solos sob vegetação de cerrado, os resultados obtidos por GOEDERT e LOBATO (1980) na avaliação da eficiência agronômica de fosfatos em um Latossolo Vermelho Escuro, durante quatro anos, usando a seqüência de cultivos anuais trigo, soja e arroz, classificaram as fontes testadas em quatro categorias, em ordem decrescente:

a) superfosfato triplo, fosfato de Gafsa e termofosfato magnesiano;

b) fosfato de Pirocaua, fosfato de Flórida e fosfato de Tennesse;

c) fosfato natural de Patos de Minas, de Araxá e de Abaetê;

d) fosfato natural de Catalão.

Um estudo de revisão bibliográfica sobre a eficiência de diversos fertilizantes fosfatados na cultura da soja, no Estado do Rio Grande do Sul, permitiu a GOEPFERT (1976) concluir que o superfosfato triplo e o termofosfato magnesiano são mais eficientes que as apatitas e, que após o primeiro ano de aplicação ao solo, há um sensível aumento da eficiência agronômica do fosfato natural, variando com sua origem.

No Estado do Paraná, BORKERT *et alii* (1979) encontraram para o fosfato de Araxá aplicado a lanço e incorporado, num Latossolo Bruno, efeito linear até 600 kg P_2O_5/ha , demonstrando que sua máxima eficiência técnica (MET) está além das doses testadas, tornando-se ineficiente como fornecedor de P para a soja, em condições de primeiro cultivo. Os autores ainda verificaram que sua eficiência agronômica média comparada ao superfosfato triplo foi igual a 69%, ao passo que o termofosfato magnesiano foi superior a 75% nas mesmas condições.

BRAGA *et alii* (1980) ao comparar efeitos dos principais fosfatos brasileiros sobre o crescimento e produ-

ção de soja num Latossolo Vermelho Escuro - textura média do Estado de São Paulo, em condições de primeiro cultivo, concluíram que os fosfatos naturais foram inativos, ao passo que o termofosfato magnesiano e o superfosfato triplo tiveram desempenho equivalente, sendo ambos superiores aos demais fosfatos estudados. Ainda, pôde-se verificar pelos resultados obtidos que os efeitos significativos dos fosfatos evidenciaram-se a partir de 200 kg de P_2O_5 total/ha.

Experimentos estudando as respostas de fontes de fósforo em adubação para a cultura da soja em solo sob vegetação de cerrado não são numerosos, porém deve-se destacar os trabalhos de RIOS *et alii* (1971), PEREIRA *et alii* (1974), KLIEMANN *et alii* (1977), MASCARENHAS *et alii* (1978), CORDEIRO *et alii* (1979) e GOEDERT e LOBATO (1980).

No trabalho de RIOS *et alii* (1971), em Uberaba, durante quatro anos, compararam superfosfato triplo, superfosfato simples, farinha de ossos, escória de Thomaz e fosfato de Araxá, aplicados a lanço e incorporados, na dose de 60 kg de P_2O_5/ha para os quatro primeiros fosfatos e 120 kg de P_2O_5/ha para o fosfato de Araxá. As produções, embora não analisadas estatisticamente, mostraram-se nitidamente superiores à produção obtida com o fosfato de Araxá.

PEREIRA *et alii* (1974), em Anápolis, num Latossolo Vermelho Escuro - textura média, comparando superfosfato triplo, superfosfato simples, farinha de ossos, fosfato de Araxá, termofosfato magnesiano e escória de Thomaz, aplicados

a lanço e incorporados, nas doses de 0 - 50 - 100 kg de P_2O_5/ha verificaram, em condições de primeiro cultivo, que as fontes fosfatadas apresentaram eficiências diferentes. As com fósforo solúvel em água foram mais eficientes que os fosfatos naturais, porém semelhantes aos termofosfatos.

Em Goiás, KLIEMANN *et alii* (1977) comparando o superfosfato triplo, termofosfato magnesiano e fosfato de Catalão, aplicados a lanço e incorporados, nas doses de 0 - 75-150 - 300 - 600 kg de P_2O_5/ha, verificaram que na presença de calagem o superfosfato triplo e o termofosfato tiveram as mesmas respostas. Todavia, na ausência de calagem o termofosfato magnesiano superou o superfosfato triplo.

MASCARENHAS *et alii* (1978), em três localidades (município de Guaíra, Bento Quirino e São Simão), durante três anos, em solos classificados como Latossolo Roxo distrófico, Latossolo Roxo de textura média e Latossolo Vermelho Escuro - textura média, compararam o fosfato de Araxá, hiperfosfato, termofosfato magnesiano e superfosfato triplo, nas doses de 0 - 100 - 200 - 400 kg de P_2O_5/ha, aplicados a lanço e incorporados. Os resultados mostraram que em cada uma das localidades o comportamento dos fosfatos foram diferentes. Em Bento Quirino, a calagem não teve efeito marcante na produção de soja, só houve efeito do fósforo na produção de soja, onde no terceiro ano o hiperfosfato e fosfato de Araxá aumentaram significativamente as produções em relação ao termofosfato magnesiano e superfosfato triplo e testemunha. As produções

de grãos foram 2.600, 2.500, 1.900, 1.800 e 1.600 kg/ha, respectivamente.

CORDEIRO *et alii* (1979) em Dourados, durante dois anos, num Latossolo Roxo distrófico - textura argilosa, compararam o superfosfato triplo, fosfato de Gafsa e fosfato de Patos de Minas, nas doses de 0 - 160 - 320 - 480 - 640 kg de P_2O_5/ha, aplicados a lanço e incorporados, Desta maneira, os autores verificaram que a eficiência do fosfato de Patos de Minas em relação ao superfosfato triplo, aumentou linearmente com as doses aplicadas, apresentando uma eficiência média de 62%.

GOEDERT e LOBATO (1980) após quatro anos de avaliação da eficiência agronômica do superfosfato triplo, termofosfato magnesiano e fosfato de Araxá, num Latossolo Vermelho Escuro de Brasília, nas doses de 0 - 100 - 200 - 400 - 800 - 1.600 kg de P_2O_5/ha para o superfosfato triplo e, 200 e 800 kg de P_2O_5/ha para os outros fosfatos, verificaram que a produção máxima tem sido com doses de 400 e 800 kg de P_2O_5 / ha e 80% do máximo da produção potencial obtido com cerca de 300 kg de P_2O_5/ha. Os autores ainda verificaram que o comportamento do termofosfato magnesiano foi semelhante ao do superfosfato triplo. Todavia, o fosfato de Araxá mostrou baixa eficiência no primeiro cultivo, mas melhorou, sensivelmente, com o tempo.

Por outro lado, quando se realiza uma adubação de manutenção (sulco de plantio) com fosfato solúvel nos tra

tamentos de fontes de fósforo (aplicação a lanço), a eficiência dos diversos fosfatos são alteradas. Neste aspecto, a EMBRAPA/CPAC (1978) obteve os maiores rendimentos com aplicação a lanço de superfosfato simples na dose de 800 kg de P_2O_5/ha. Rendimentos semelhantes foram obtidos com a mesma fonte na dose de 400 kg de P_2O_5/ha a lanço combinado com 100 kg de P_2O_5/ha no sulco.

BORKERT *et alii* (1979) verificaram que quando se aplicou 100 kg de P_2O_5/ha em manutenção como superfosfato triplo, a eficiência média comparada ao superfosfato triplo do fosfato de Araxá foi acrescida de 13%.

BRAGA *et alii* (1980) relatam que o fosfato Patos de Minas foi ineficiente nas doses de 100 - 200 - 300 kg de P_2O_5/ha quando empregado exclusivamente a lanço em primeiro cultivo. Ao passo que a adição de 50 kg de P_2O_5/ha, na forma de superfosfato triplo, em manutenção, combinados a 400 kg de P_2O_5/ha na forma de fosfato Patos de Minas ou de superfosfato triplo, a lanço não diferiram entre si quanto à produção de matéria seca e produção de grãos de soja.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. SELEÇÃO E PREPARO DA ÁREA

O presente trabalho foi conduzido durante dois anos agrícolas consecutivos (1978/79 e 1979/80) na Fazenda Experimental da UNESP - "Campus" de Ilha Solteira (município de Selviria - MS), em um solo sob vegetação de cerrado, recém - desbravado e classificado por DEMATTÊ (1980) como um Latossolo Vermelho Escuro álico - textura argilosa.

Algumas características físicas e químicas do perfil do solo utilizado, retirados de DEMATTÊ (1980), são apresentadas na tabela 01.

No ano agrícola 78/79 foram realizados o desmatamento, duas arações, três gradeações, limpeza de raízes com o desenraizador e manual.

TABELA 01 - Características físicas e químicas do Latossolo Vermelho Escuro utilizado (perfil 15).

CARACTERÍSTICAS	Horizontes			
	A_1	A_3	B_1	B_2
Profundidade (cm)	0-20	20-50	50-80	80-100
a) Físicas:				
Argila (%)	47	55	59	55
Limo (%)	5	6	6	5
Areia fina (%)	31	30	28	28
Areia grossa (%)	17	9	7	12
Classe textural	arg.	arg.	m. arg.	arg.
Umidade 1/3 atm (%)	24	-	14	17
Umidade 15 atm (%)	12	15	16	15
b) Químicas:				
pH em H_2O (relação 1:2,5)	4,3	5,4	5,1	6,1
Carbono (%)	1,59	0,91	0,70	0,29
Ca^{2+}+Mg^{2+} troc. (e.mg/100ml TFSA)	0,64	0,11	0,09	0,06
Al^{3+} trocável (")	1,4	1,2	0,8	0,2
H^+ trocável (")	5,4	2,8	2,3	1,9
S trocáveis (")	0,79	0,14	0,11	0,08
CTC (")	7,59	4,14	3,21	2,18
K^+ trocável (µg/ml)	60	12	8	4
P solúvel em HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N (µg/ml)	2	1	1	0
V (%)	10	3	3	3
SiO_2 (%)	12,41	12,41	15,63	15,63
Al_2O_3 (%)	20,77	20,77	25,09	25,09
Fe_2O_3 (%)	8,13	8,13	10,14	10,14
Ki	1,02	1,02	1,06	1,06
Kr	0,81	0,81	0,84	0,84

No ano agrícola 79/80 utilizando as mesmas parcelas do ano agrícola anterior, após a colheita realizou-se a incorporação dos restos vegetais com uma grade pesada e posteriormente, antes do plantio, foram realizadas uma aração e duas gradeações.

3.2. AMOSTRAGEM DO SOLO E CARACTERÍSTICA QUÍMICA INICIAL

Na área do ensaio foi coletada uma amostra de terra composta (constituída de 25 amostras simples), a qual após convenientemente preparada foi submetida a uma análise química. As marchas analíticas para a caracterização química foram conforme a orientação a seguir: pH em água na relação 1:2,5; K trocável: extração com H_2SO_4 0,05N e determinação pelo fotômetro de chama; P solúvel: extração com H_2SO_4 0,05N, relação solo:solução 1:10 e agitação durante 5 minutos ; Al^{3+} trocável: extração com KCl N e titulação com NaOH 0,025 N; Ca^{2+} + Mg^{2+} trocáveis: extração com KCl N e titulação com EDTA 0,025N; conforme o descrito em RAIJ e ZULLO (1977). Enquanto que o carbono orgânico (%) foi determinado com bicromato de potássio 0,4N e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,1N, conforme o descrito em VETTORI (1969).

Os resultados estão apresentados na tabela 02.

TABELA 02 - Análise química da área selecionada para o experimento.

pH	C (%)	e.mg/100 ml de TFSA		µg/ml de TFSA	
		Al^{3+}	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	K	P
5,0	1,45	1,0	0,8	28	1

3.3. ENSAIO DE LABORATÓRIO: DETERMINAÇÃO DO VALOR "X"

O valor "X" pode, de acordo com WAUGH e FITTS (1966) ser aceito como a quantidade de P requerida para ultrapassar o efeito de fixação deste nutriente pelo solo.

Para se avaliar o valor "X" utilizou-se material oriundo da amostra de terra utilizada no item 3.2. Inicialmente se preparou uma solução-estoque de P (solução A), através da dissolução de 10,1649 gramas de $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ seco em estufa, em água completando-se, o volume a 1.000 ml. Desta solução tomaram-se alíquotas de forma a se obterem soluções B de concentração variando de zero a 350 ppm de P. Na tabela 03 se apresentam as quantidades de solução-estoque utilizadas para se obterem as soluções B, as respectivas concentrações das soluções B e as concentrações de P em amostras de terra tratadas com 4 ml das diferentes soluções B.

TABELA 03 - Preparo das soluções B e concentração de P nas soluções e amostras de solo.

Tratamento nº	Solução B (volume da solução A diluída a 100 ml) (ml)	Concentração de P nas soluções B (ppm)	Concentração de P adicionado ao solo após adição de 4 ml da solução B em 10 ml solo (ppm)
0	0	0	0
1	2	50	20
2	4	100	40
3	6	150	60
4	8	200	80
5	10	250	100
6	12	300	120
7	14	350	140

Após preparadas as soluções B, transferiram-se para erlenmeyers identificados com números 0-1-2-3-4-5-6 e 7 (tabela 03) 10 ml de terra. No tratamento zero, com pipeta e cuidadosamente gotejou-se 4 ml de água destilada. No número um, 4 ml de solução B de 50 ppm, no de número dois, 4 ml da solução B de 100 ppm e assim sucessivamente, até a solução B de 350 ppm. Após a adição das soluções aos erlenmeyers cobriram-se os mesmos de forma a se evitarem perdas por evaporação e deixou-se incubando durante quatro dias. O ensaio para determinação do valor "X" foi feito com três repetições.

Após os quatro dias de incubação das amostras

adicionaram-se 100 ml de H_2SO_4 0,05N a cada uma. Seguiu-se agitação por 5 minutos, e deixou-se uma noite de repouso, determinando-se o P nas amostras como recomendado em RAIJ e ZULLO (1977).

O P fixado foi calculado pela fórmula:

$$P_f = (P_a + P_s) - P_e$$

onde: P_f = P fixado

P_a = P adicionado

P_s = P existente no solo e extraível com solução de H_2SO_4 0,05N

P_e = P extraído

3.4. ENSAIO DE CAMPO

3.4.1. CALAGEM

Conforme análise química descrita no item 3.2. foi detectado 1,0 e.mg de Al^{3+} trocável/100 ml de TFSA, tendo-se optado por se fazer uma calagem de forma a se neutralizar este elemento.

Desta forma, a quantidade foi calculada com auxílio da equação:

$$\text{Calcário (t/ha)} = Al^{3+} \text{ trocável} \times 2,0$$

Foi utilizado um calcário dolomítico com 26,57% de CaO e 16,88% de MgO, que passava 98,71% na peneira de número 10 e 48,50% na de número 50 (PRNT calculado igual a 61,3%). A aplicação foi realizada nos dias oito e nove de setembro de 1978. Metade do calcário foi aplicado antes da segunda aração e a outra metade antes da segunda gradeação.

3.4.2. TRATAMENTOS: QUANTIDADES E FONTES DE FÓSFORO

No ano agrícola 78/79, para estabelecimento do "experimento básico", os tratamentos foram formados a partir de três fontes e quatro níveis de fosfatos.

As fontes de fósforo utilizadas e algumas características, estão descritas na tabela 04.

Para se estabelecer as quantidades ou doses de cada adubo fosfatado utilizado, considerou-se os fatores 0,5-1,0 - 1,5 - 2,0 vezes o valor "X", conforme mostra a tabela 05.

No ano agrícola 79/80, para estabelecimento do "experimento manutenção", os tratamentos foram formados a partir dos quatro níveis de adubação fosfatada do ano agrícola 78/79, mais o zero de manutenção. Para estabelecer as quantidades ou doses do adubo fosfatado utilizado, considerou-se o teor de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico à 2%, empregando-se o fator 0,25 vezes cada um dos quatro doses utilizados no ano agrícola 78/79, conforme tabela 06.

TABELA 04 - Algumas características dos fosfatos estudados, aplicados ao solo em novembro de 1978, antes do primeiro cultivo[a/].

FONTES	% de P_2O_5		
	Solúvel em água	Solúvel em ácido cítrico 2%	Total
Superfosfato triplo	39,84	40,56	46,77
Termofosfato Mg-Yoorin	-	16,29	16,45
Fosfato de Araxá	-	3,72	20,91

a/ Determinadas pelo Laboratório Central de Análises de Insumos Agrícolas - CATI - Secretaria de Agricultura - SP.

TABELA 05 - Cálculo das doses de fertilizantes utilizados no "experimento básico".

Níveis	Fator de multiplicação do valor "X"	kg P_2O_5 total/ha	Superfosfato triplo (F1) (kg/ha)	Termofosfatoto Mg-Yoorin(F2) (kg/ha)	Fosfato de Araxá (F3) (kg/ha)
1	0,5	145	310	881	693
2	1,0	290	620	1762	1386
3	1,5	435	930	2643	2079
4	2,0	580	1240	3524	2772

TABELA 06 - Cálculo das doses de fertilizantes utilizado no "experimento de manutenção".

Subníveis	kg. P_2O_5 total/ha do ano agrícola 78/79	Fator de multiplicação	kg P_2O_5 solúvel em ác. cítrico a 2%/ha	Superfosfato triplo (kg/ha)
1	-	-	0	0
2	145	0,25	36	85
3	290	0,25	72	170
4	435	0,25	108	255
5	580	0,25	144	340

3.4.3. ADUBAÇÃO COMPLEMENTAR: QUANTIDADES E FONTES UTILIZADAS

Na implantação do "experimento básico" (ano agrícola 78/79), misturado com o fósforo (ou sem o fósforo, na testemunha) foram aplicados K, S, B, Zn, Cu e Mo.

A quantidade de potássio aplicada foi calculada com base na análise de solo, para elevar o teor de K trocável a nível alto, conforme o padrão de fertilidade de RAIJ (1975), tomando-se como nível alto o extremo inferior da referida classe.

Na tabela 07 são expressas as fontes e quantidades dos fertilizantes utilizados na adubação complementar.

Na implantação do "experimento de manutenção " (ano agrícola 79/80), foram aplicados 40 kg de K_2O/ha na forma de cloreto de potássio e micronutrientes na forma FTE Br-8 (50 kg/ha).

TABELA 07 - Fontes e quantidades de adubos utilizados na adubação complementar do "experimento básico".[a/]

Fontes	% do elemento na fonte	Quantidade do adubo (kg/ha)
Cloreto de potássio (K_2O)	59,75	290,0
Gesso (S)	8,47	472,0
Bórax (B)	11,00	10,0
Sulfato de zinco (Zn)	23,49	46,8
Sulfato de cobre (Cu)	36,34	6,6
Molibdato de sódio (Mo)	39,00	1,2

a/ Determinadas pelo Laboratório Central de Análises de Insumos Agrícolas - CATI - Secretaria de Agricultura - SP.

3.4.4. APLICAÇÃO E INCORPORAÇÃO DOS FERTILIZANTES

De acordo com o delineamento experimental, no "experimento básico" (ano agrícola 78/79) aplicou-se a lanço os adubos fosfatados (fontes e doses) sempre misturados com os correspondentes da adubação complementar (tabela 07), que

foi igual e constante a todas as parcelas experimentais. As parcelas neste ano agrícola foram dimensionadas de 30 x 30 m, com quatro repetições. A incorporação dos fertilizantes foi feita com uma grade pesada, a profundidade de 0-20 cm. A aplicação e incorporação foram realizadas nos dias 29, 30 e 31 de outubro de 1978.

No "experimento de manutenção" (ano agrícola 79/80) aplicou-se o adubo fosfatado (superfosfato triplo) no sulco de plantio, porém antes da adubação complementar, a qual, também foi igual e constante a todas as parcelas experimentais. Neste segundo cultivo foram utilizadas as mesmas parcelas do ano agrícola 78/79, dividindo-as em cinco subparcelas, com uma área total de 6 x 30 m cada uma.

3.4.5. CULTURA, DENSIDADE E DATA DE SEMEADURA

Nos dois anos agrícolas de experimentação a planta teste utilizada foi a soja |*Glycine max* (L.) Merril| cultivar UFV-1. Utilizou-se densidade de plantio de 500.000 plantas por hectare. A semente foi previamente inoculada com *Rhizobium japonicum* (produto comercial). A semeadura do "experimento básico" ocorreu nos dias 27 e 28 de novembro de 1978, enquanto que o do "experimento de manutenção" nos dias 26 e 27 de novembro de 1979.

3.4.6. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Nos dois anos agrícolas consecutivos, a germinação da soja ocorreu nos dias 1º e 02 de dezembro, respectivamente 1978 e 1979.

O controle de ervas daninhas foi realizado com enxada.

As pragas de maior incidência foram as lagartas (*Anticarsia gemmatalis*, *Plusia oo*, *Pseudoplusia oo* e *Hackplusia*), tendo ocorrido menor incidência de percevejos (*Nezara viridula*, *Piezodorus guildini*, *Euchistos eros* e *Dichilops furcatis*) e de besouros (*Diabrotica speciosa* e *Lagria villosa*). O controle de pragas foi realizada conforme necessidade "in loco", utilizando-se alternadamente os seguintes produtos: lannate, azodrin 60 e malatol, nunca ultrapassando a cinco pulverizações por ano agrícola.

3.4.7. AVALIAÇÃO

Para se avaliar o efeito das fontes e níveis de fosfatos utilizados procedeu-se:

3.4.7.1. Amostragem de solo e análise química

Cada amostra composta originou-se de 15 amostras simples. Realizou-se amostragem de solo, parcela por par

cela, antes da aplicação dos adubos fosfatados (27/10/78), imediantamente antes da semeadura do "experimento básico" (24/11/78), imediatamente após a colheita (30/03/79). Nas subparcelas de manutenção zero, imediatamente antes da semeadura do "experimento de manutenção" (24/11/79), imediatamente após a colheita (30/03/80). As amostras, após convenientemente preparadas, foram analisadas quanto a pH, Al^{3+} trocável e Ca^{2+} + Mg^{2+} trocáveis, segundo as marchas analíticas já mencionadas no item 3.2. e conforme descrito em RAIJ e ZULLO (1977). Por outro lado, o P foi determinado usando-se o extrator BRAY-1, conforme sugerido por RAIJ (1978), SPREDO *et alii* (1979) e GOEDERT e LOBATO (1980. A marcha analítica para o P solúvel foi a seguinte: extração com NH_4F 0,03 N + HCl 0,025 N (extrator BRAY-1), relação solo:solução 1:8, agitação durante um minuto e filtrado imediatamente.

3.4.7.2. Produção de grãos

Assim que a soja atingiu a maturação, foi feita a colheita, parcela por parcela, no caso do "experimento básico" correspondente à área útil (28 x 28 m) e subparcela por subparcela, no caso do "experimento de manutenção" correspondente à área útil (2 x 28 m). Os grãos, quando necessário, sofreram secagem ao sol e posteriormente foram pesados. De cada parcela ou subparcela foi tomada uma porção de grãos, anotado seu peso (Pu) e levada à estufa para secagem, até pe-

so constante, à temperatura de ±80°C (Ps), visando-se à determinação do teor de umidade na base úmida dos grãos (Tu_{bu}), de acordo com a equação:

$$Tu_{bu} = \frac{Pu - Ps}{Pu} \times 100$$

onde: Tu_{bu} - teor de umidade na base úmida

Pu - peso do material úmido (material seco ao sol)

Ps - peso do material seco (material seco até peso constante na estufa à ±80°C).

Esta determinação do teor de umidade serviu para se estimarem as produções de soja por tratamento, expresso numa mesma umidade (12%).

3.4.7.3. Análise estatística

O experimento foi montado, segundo o delineamento com blocos casualizados. Para o estudo do efeito residual das fontes e níveis fosfatados sem manutenção utilizou-se o esquema fatorial 3 x 4 com um tratamento adicional em parcelas subdivididas. Foram tomados como tratamentos principais as fontes (4 níveis), como subtratamento os anos (2 anos). Para o estudo do efeito residual como manutenção utilizou-se o esquema fatorial 3 x 4 x 5 com um tratamento adicio-

nal.

Foram ajustadas funções de produção para os dados dos anos agrícolas 1978/79 + 1979/80 (sem manutenção), e ano agrícola 1979/80 com e sem manutenção isoladamente, através de polinômios ortogonais. Tanto a análise de variância como as funções de produção foram realizadas segundo PIMENTEL GOMES (1963).

3.4.7.4. Método da Máxima Eficiência Técnica (MET) e da Máxima Eficiência Econômica (MEE)

Grimm (1970) citado por VOLL e BAYS (1976) utiliza o seguinte procedimento: obtidos os dados de rendimento (kg/ha), faz-se a análise de variância e o F-teste da regressão para verificar o grau do polinômio que melhor exprime, nas condições do experimento, a dependência das produções de soja das quantidades de P_2O_5.

No ajustamento da função de produção:

$\hat{Y} = a + b_1X + b_2X^2$, usa-se o método dos mínimos quadrados.

Obtém-se o cálculo estimativo da dose, considerando no caso P_2O_5 (kg/ha), que maximiza o rendimento de soja por unidade de área no local, através da fórmula:

$$MET = \frac{b_1}{2|b_2|}$$

onde: MET = dose de P_2O_5 (kg/ha) que maximiza o rendimento soja (kg/ha) no local;

b_1 e b_2 = coeficientes de regressão de função de produção ajustada.

O cálculo estimativo da dose, que maximiza o lucro líquido por unidade de área no local, é dado pela fórmula:

$$MEE = \frac{b_1}{2|b_2|} - \frac{F_1}{2V|b_2|}$$

onde: MEE = dose de P_2O_5 (kg/ha) que maximiza o lucro líquido por unidade de área adubado no local;

F_1 = custo do quilograma P_2O_5;

V = preço do quilograma de soja.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ENSAIO DE LABORATÓRIO: DETERMINAÇÃO DO VALOR "X"

Os dados relativo ao P extraído, P fixado, em ppm de P e em porcentagem do P aplicado, por tratamento, acham-se na tabela 08.

TABELA 08 - Fósforo extraído, fósforo fixado, em ppm de P e em porcentagem de P aplicado.

Tratamentos	ppm de P			P %
	adicionado	extraído	fixado	fixado
0	0	1,7	-	-
1	20	4,0	17,7	88,5
2	40	8,0	33,7	84,2
3	60	14,1	47,6	79,3
4	80	20,4	61,3	76,6
5	100	27,5	74,2	74,2
6	120	37,1	84,6	70,5
7	140	43,5	98,2	70,1

Observando-se a tabela 08 verifica-se que com o aumento da dose de P empregada, a fixação de P aumenta em quantidades absolutas (ppm de P fixado), mas diminuiu em quantidades relativas (% de P fixado), concordando com o obtido por REZENDE (1974), MAGALHÃES (1974), SOBRAL (1975) e MANZANO *et alii* (1976).

Na figura 01 estão representadas graficamente as relações entre P extraído e P adicionado. Pelo processo de WAUGH e FITTS (1966) modificado por FERREIRA *et alii* (1978), fixou-se o valor 15 ppm na ordenada obtendo-se na abscissa o valor "X" procurado, que foi igual a 63,5 ppm de P.

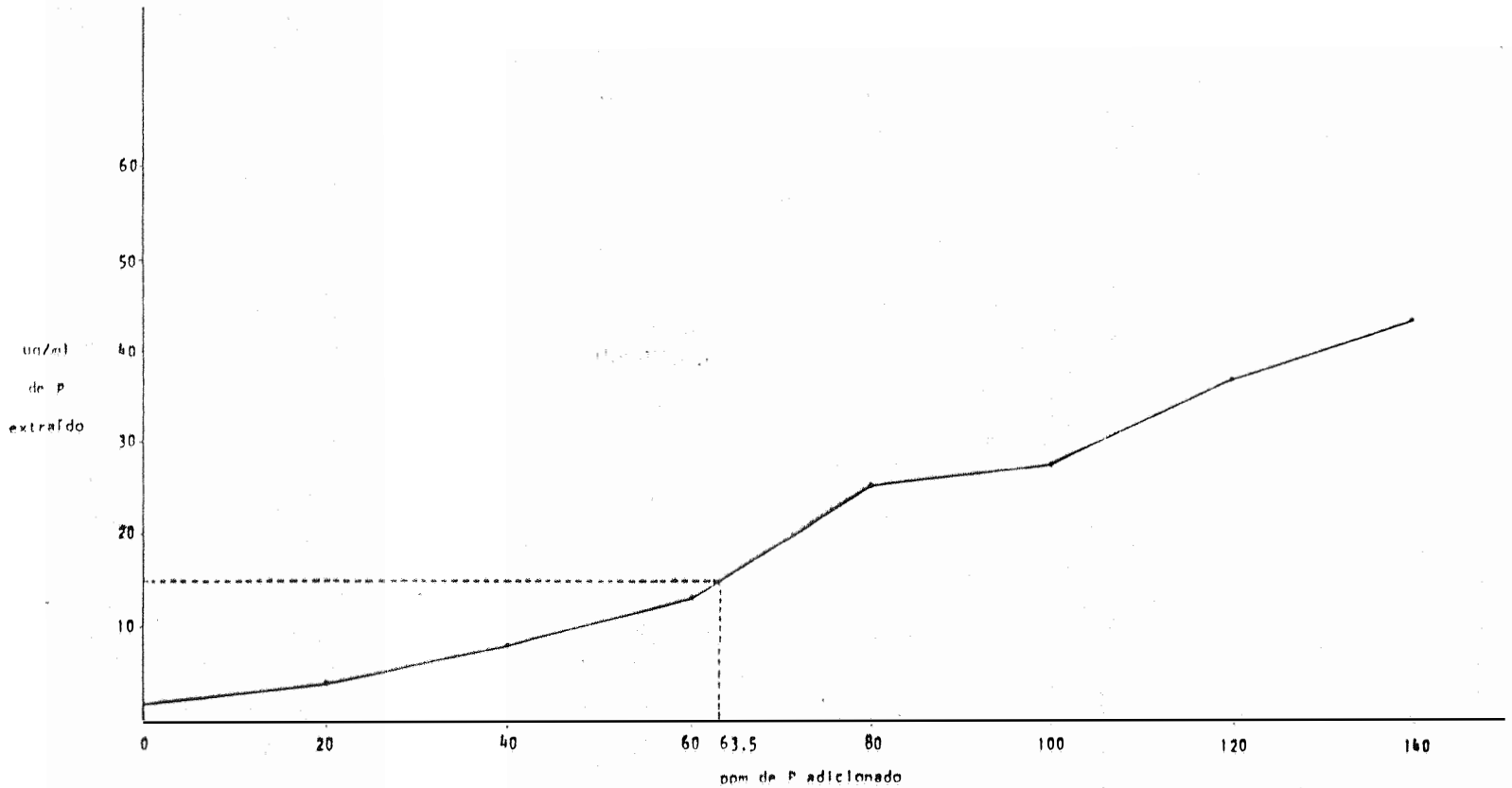


FIGURA 01 - Quantidade de P extraído pela análise de solo em relação a quantidade de P aplicado no solo da área selecionada para o experimento.

4.2. EFEITO DOS TRATAMENTOS SOBRE O FÓSFORO NO SOLO

Como já discutido no item 2.3., a planta absorve o fósforo da solução do solo. Portanto, pode-se deduzir que o fosfato aplicado como fertilizante terá que se dissolver no solo, ou seja, o P-fertilizante deverá se transformar em P-solução do solo. Deste modo, a eficiência de um fosfato pode ser medida pela solubilidade e pela sua capacidade de aumentar o fósforo solúvel na solução do solo para as plantas. Esse fósforo solúvel é avaliado em laboratório, através da análise do solo.

Neste trabalho, o P - solúvel foi determinado usando-se o extrator BRAY-1, pois segundo RAIJ (1978), SFREDO *et alii* (1979) e GOEDERT e LOBATO (1980), os valores obtidos com esse extrator parecem refletir melhor a situação de disponibilidade de fósforo.

Os dados relativos ao P - solúvel por tratamento, em diferentes períodos de amostragem, acham - se na tabela 09.

Esses dados mostram que a disponibilidade de P aumenta com o aumento das doses aplicadas de superfosfato triplo e termofosfato Mg-Yoorin. Isto se comprova melhor ao se verificar que o aumento nos teores de P corresponde ao aumento da produção de soja (amostragem aos 389 dias - novembro de 1979), como mostra a tabela 10. Por outro lado, nos tratamentos correspondentes ao fosfato de Araxá, os teores de P

disponível apresentam uma tendência de aumentar com as doses aplicadas, porém até a amostragem de março de 1980 os teores de P disponível encontrados estão em torno de 5 a 6 ppm de P, embora se tenha verificado um pequeno aumento na produção (tabela 10).

TABELA 09 - Valores de fósforo no solo, em diferentes períodos, em função de fontes e doses de fósforo incorporadas em novembro de 1978. (Média de quatro repetições)

Fontes de Fósforo	kg P_2O_5 total/ha	ppm de P no solo 1978 Out[a/]	1978 Nov	1979 Mar	1979 Nov	1980 Mar
	145	2	5	7	7	7
Superfosfato	290	3	10	17	15	10
triplo	435	3	20	19	29	12
	580	3	25	22	31	24
	145	3	6	7	8	6
Termofosfato	290	3	9	7	11	9
Mg-Yoorin	435	2	12	18	17	17
	580	3	17	24	23	23
	145	2	4	4	4	4
Fosfato de	290	2	4	6	5	4
Araxá	435	3	5	4	6	5
	580	2	5	4	6	5
Testemunha	0	3	3	3	3	3

a/ Determinação antes da aplicação das fontes fosfatadas.

TABELA 10 - Efeito de doses de adubos fosfatados sobre o teor de fósforo no solo, aos 389 dias (novembro de 1979) após a aplicação dos fosfatos, sobre a produção de grãos de soja com 12% de umidade. (Média de quatro repetições)

Fontes de Fósforo	Níveis de P adicionado		P recuperado pelo método BRAY-1 (ppm)	Produção de grãos de soja (kg/ha)
	kg P_2O_5 total/ha	P[a/] (ppm)		
	145	27,5	7	1.054,6
Superfosfato	290	55,0	15	1.046,0
triplo	435	82,5	29	1.724,9
	580	110,0	31	2.059,1
	145	31,3	8	1.446,3
Termofosfato	290	62,6	11	1.868,2
Mg-Yoorin	435	93,9	17	1.857,1
	580	125,2	23	2.034,8
	145	5,6	4	1.013,0
Fosfato de	290	11,2	5	1.247,3
Araxá	435	16,8	6	1.245,2
	580	22,4	6	1.466,6
Testemunha	0	0	3	484,6

a/ Partes por milhão de fósforo aplicados ao solo a lanço, em quatro doses de P solúvel em ácido cítrico à 2%.

Os dados da tabela 09 sugerem que o fosfato natural, no caso o fosfato de Araxá, tem baixa capacidade de manter níveis adequados de fósforo em solução. Resultados semelhantes foram encontrados por GOEDERT e LOBATO (1980). Eles explicam tal fato pela não dissolução dos minerais fosfatados, pois em nenhum momento detectaram aumentos de P na solução do solo. Ainda, acreditam que as partículas dos fosfatos naturais tenham sido recobertas por uma camada de óxidos de Fe e Al, uma vez que os fosfatos foram moídos, criando-se faces quebradas com desequilíbrio de carga, o que resulta em maior dificuldade na liberação de fósforo.

4.3. EFEITOS DA ADIÇÃO DOS ADUBOS FOSFATADOS NA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE SOJA

A produção de grãos de soja no ano agrícola 1978/79 foi muito prejudicada pela ocorrência de uma prolongada estiagem (Apêndice 01), na época de florescimento e enchimento dos legumes. Deste modo, tais dados foram aproveitados somente para a análise conjunta dos dois anos agrícolas (1978/79 e 1979/80).

4.3.1. ANÁLISE CONJUNTA DA PRODUÇÃO DE SOJA NOS ANOS AGRÍCOLAS 1978/79 E 1979/80

Na tabela 11 acham-se as produções de grãos de soja, com 12% de umidade, obtidas respectivamente no ano agrícola 1978/79 (primeiro ano de aplicação dos fosfatos a lanço) e no ano agrícola 1979/80 (efeito residual, no segundo ano, correspondendo a subparcela com zero kg P_2O_5 em manutenção). Na tabela 12 é dada a análise de variância realizada com os tabela 12, efeitos das fontes de fósforo, das doses de fósforo, da testemunha versus o resto (outros tratamentos), das interações anos versus fontes e anos versus doses de fósforo. Devido as interações significativas entre as variáveis estudadas fez-se o desdobramento dos graus de liberdade de forma a se estudar os efeitos de anos, fontes de fósforo e doses de fósforo.

O efeito significativo encontrado para a testemunha versus o resto (outros tratamentos), mostra a resposta dos dois cultivos a fontes e doses de fósforo, constituindo respostas típicas de solos extremamente pobres em P nativo disponível, como mencionado por GOEDERT e LOBATO (1980).

Os resultados da análise de variância dos desdobramentos das interações anos versus fontes de fósforo e anos versus doses de fósforo, acham-se na tabela 12, podendo-se verificar que, em qualquer fonte de fósforo ou dose de fósforo, houve efeito de anos na produção de grãos de soja, Tal fa

TABELA 11 - Produção de grãos de soja com 12% de umidade em kg/ha, em função das fontes e doses de P_2O_5 total, aplicados a lanço no primeiro ano + efeito residual no segundo ano.

Fontes de Fósforo	kg P_2O_5 total/ha	BLOCOS							
		A		B		C		D	
		78/79	79/80	78/79	79/80	78/79	79/80	78/79	79/80
	145	618,6	1.487,5	955,5	1.441,5	572,2	828,8	476,4	459,5
Superfosfato	290	572,3	1.127,8	494,5	877,5	677,7	1.074,2	669,8	1.104,7
triplo	435	637,4	1.613,5	527,5	1.906,1	486,8	1.986,8	536,7	1.393,4
	580	682,5	1.612,9	393,4	1.997,2	467,7	2.714,7	514,3	1.911,6
	145	549,1	1.099,1	641,3	1.402,5	498,0	1.262,2	508,8	2.021,5
Termofosfato	290	465,5	2.161,3	724,3	1.449,3	617,9	2.517,1	475,5	1.345,4
Mg-Yoorin	435	508,9	1.659,6	543,0	1.977,2	481,5	2.580,7	460,8	1.210,9
	580	495,1	1.404,4	940,9	2.618,8	554,1	2.055,7	507,1	2.061,0
	145	582,2	900,8	352,0	600,6	372,1	1.307,0	433,5	1.243,6
Fosfato de	290	439,7	767,0	582,0	1.743,4	535,5	1.171,4	427,7	1.307,6
Araxá	435	678,2	1.504,3	533,1	1.350,3	309,8	1.115,8	322,2	1.010,7
	580	601,6	1.434,2	643,7	1.704,1	455,4	1.671,3	400,3	1.057,1
Testemunha	0	320,4	252,3	412,6	705,0	395,2	716,9	268,3	264,4

TABELA 12 - Análise de variância dos dados de produção de grãos de soja e dos desdobramentos das interações anos versus fontes e anos versus doses, em função das fontes e doses de P_2O_5 total aplicadas a lanço no primeiro ano + efeito residual do segundo ano.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	735.719,19	245.239,26	2,63
Fontes de fósforo (F)	2	1.638.919,90	819.459,95	8,79**
Doses (D)	3	1.521.309,00	507.103,00	5,44**
Interação F x D	6	431.879,30	71.979,88	0,77
Testemunha versus resto	1	2.710.078,89	2.710.078,89	29,05**
Resíduo (a)	36	3.357.986,75	93.277,41	-
((Anos))	((1))	((22.358.568,40))	((22.358.568,40))	((313,67))**
Anos d. fonte 1	1	6.349.622,48	6.349.622,48	89,08**
Anos d. fonte 2	1	12.319.282,95	12.319.282,95	172,83**
Anos d. fonte 3	1	4.666.665,25	4.666.665,25	65,47**
Anos d. dose 1	1	2.340.563,59	2.340.563,59	32,84**
Anos d. dose 2	1	4.136.969,78	4.136.969,78	58,04**
Anos d. dose 3	1	7.352.029,81	7.352.029,81	103,14**
Anos d. dose 4	1	10.122.977,15	10.122.977,15	142,02**
Anos d. testemunha	1	36.734,52	36.734,52	0,51
Interação Anos x F x D	6	773.724,21	128.954,00	1,81
Resíduo (b)	39	2.779.906,01	71.279,60	-
TOTAL	103	38.915.800,38	-	-

C.V. (a) = 31,29% C.V. (b) = 27,35%

to pode ser explicado pela ocorrência de uma prolongada estiagem na época de florescimento e enchimento dos legumes, ocorrido no primeiro ano de cultivo (1978/79), como é mostrado no Apêndice 01.

Como a interação fontes de fósforo versus doses de fósforo não foi significativa, comparou-se as médias de produção de grãos de soja para fontes de P, e para doses de P, pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Verifica-se na tabela 13 que o termofosfato Mg-Yoorin apresentou comportamento semelhante ao do Superfosfato triplo, apresentando produção de grãos superior ao fosfato de Araxá. Resultados semelhantes foram encontrados por RIOS *et alii* (1971), PEREIRA *et alii* (1974), KLIEMANN *et alii* (1977), BRAGA *et alii* (1980) e GOEDERT e LOBATO (1980), também em solos de cerrado. Por outro lado, verifica-se na tabela 14, que a dose que proporcionou produção máxima de grãos de soja foi a de 580 kg de P_2O_5 total/ha. Outrossim, do ponto de vista estatístico as doses de 290 e 435 kg de P_2O_5 total/ha não diferiram da dose de 580 kg de P_2O_5 total/ha. Por outro lado, se se considerar a produção máxima obtida, como 100%, verifica-se que para atingir o nível crítico, ou seja, atingir 80% do máximo de produção potencial são necessários 290 kg de P_2O_5 total/ha. Esse resultado concorda com os obtidos por GOEDERT e LOBATO (1980) em que experimentos conduzidos em Latossolo Vermelho Escuro de Brasília necessitam de cerca de 300 kg de P_2O_5/ha para atingir o nível crítico.

TABELA 13 - Médias de produção de grãos de soja, sob o efeito das fontes aplicadas a lanço no primeiro ano + efeito residual no segundo ano.

Fontes de fósforo	kg/ha
Superfosfato triplo	1.025,6 a a/
Termofosfato Mg-Yoorin	1.181,2 a
Fosfato de Araxá	861,9 b

d.m.s. 5% fontes = 187,6

a/ Na vertical, letras diferentes indicam efeito significativo.

TABELA 14 - Médias de produção de grãos de soja, sob efeito das doses de fósforo aplicadas a lanço no primeiro ano + efeito residual no segundo ano.

Doses de fósforo (kg de P_2O_5/ha	kg/ha
145	858,9 b a/
290	972,0 ab
435	1.055,6 ab
580	1.204,1 a

d.m.s. 5% doses = 238,1

a/ Na vertical, letras diferentes indicam efeito significativo.

No desdobramento de graus de liberdade para doses e interação fontes de fósforo versus doses de fósforo, encontrou-se significância somente para a componente linear da fonte 1 (superfosfato triplo), como mostra a tabela 15.

A equação de regressão ajustada, e o gráfico acham-se na figura 02. Verifica-se que as produções cresceram linearmente com as doses, sugerindo que doses mais elevadas que as empregadas poderiam aumentar a produção. No Estado de Minas Gerais, BRAGA *et alii* (1972) conduzindo experimentos em quatro locais do Triângulo Mineiro, com o mesmo Latossolo Vermelho Escuro - textura média (cerrado) encontraram efeito linear para produção de grãos de soja até a maior dose estudada, isto é, 300 kg de P_2O_5/ha.

TABELA 15 - Análise de variância para o desdobramento de graus de liberdade para doses e interação fontes versus doses, para grãos de soja, em função das fontes e doses de P_2O_5 total a lanço no primeiro ano + efeito residual no segundo ano.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
(Doses d. fonte 1)	(3)	(1.198.660,5)	(399.553,5)	(4,28)*
Componente linear	1	1.032.433,3	1.032.433,3	11,07**
Comp. quadrática	1	65.485,8	65.485,8	0,70
Comp. cúbica	1	100.741,3	100.741,3	1,08
(Doses d. fonte 2)	(3)	(457.166,6)	(152.388,9)	(1,63)
Componente linear	1	363.865,2	363.865,2	3,90
Comp. quadrática	1	9.775,5	9.775,5	0,10
Comp. cúbica	1	83.525,9	83.525,9	0,89
(Doses d. fonte 3)	(3)	(297.356,9)	(99.119,0)	(1,06)
Componente linear	1	254.227,1	254.227,1	2,72
Comp. quadrática	1	48,0	48,0	-
Comp. cúbica	1	43.081,8	43.081,8	0,46

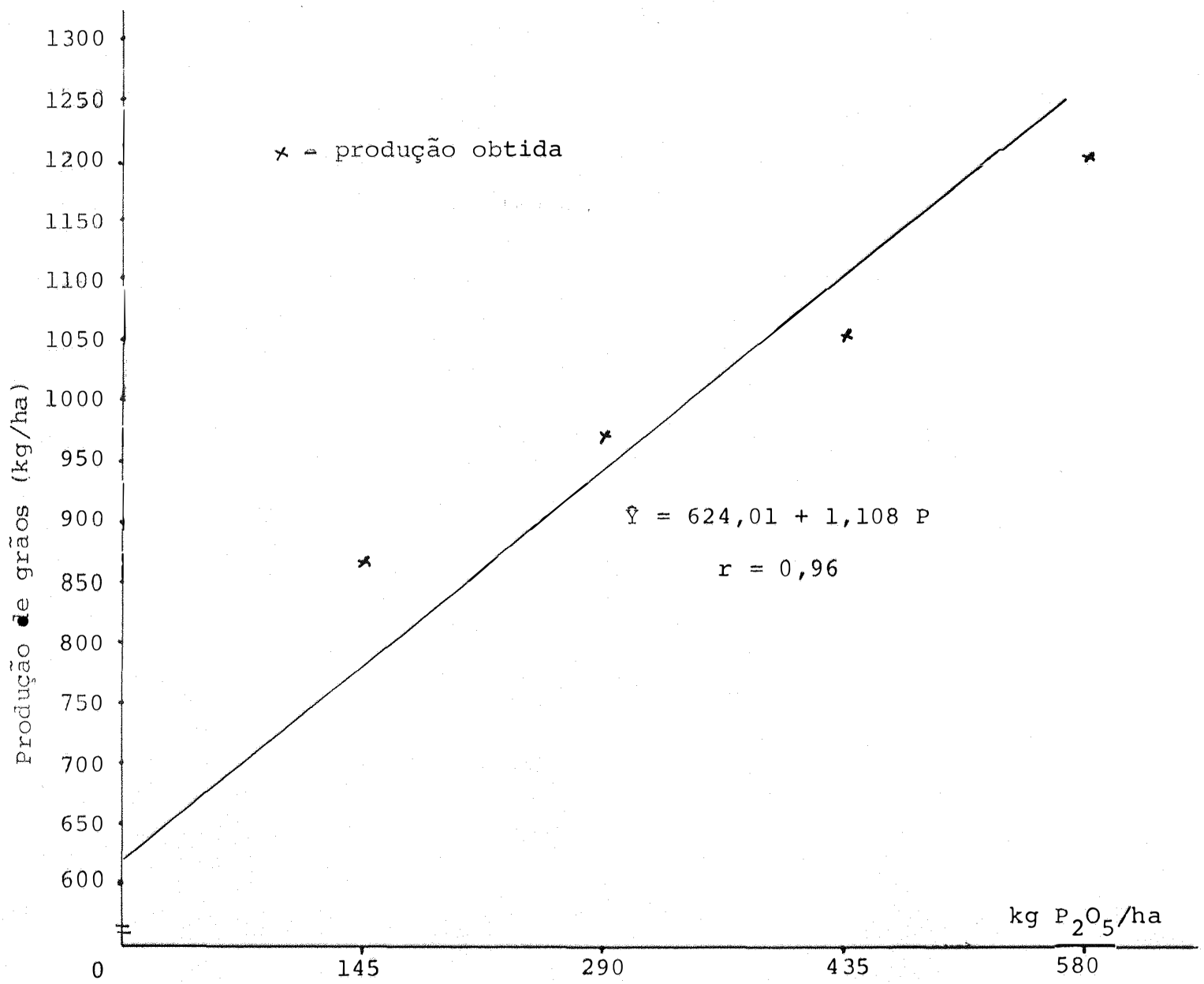


FIGURA 02 - Efeito de doses de P_2O_5 total em kg/ha de superfosfato triplo aplicad a lanço no primeiro ano + efeito residual no segundo ano, na produção de grãos de soja.

4.3.2. ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE SOJA NAS FONTES E DOSES DE P_2O_5 TOTAL A LANÇO + MANUTENÇÃO, NO SEGUNDO ANO

Na tabela 16 acham-se as produções de grãos de soja, em kg/ha, com 12% de umidade, obtidas no ano agrícola 1979/80 (efeito residual com manutenção). Na tabela 17 é dada a análise de variância realizada com os dados das referidas produções de grãos de soja. Verifica-se na tabela 17 efeitos de blocos, das fontes fosfatadas, das doses de fósforo, das doses de manutenção e da testemunha versus outros tratamentos.

Como já discutido no item 4.3.1., o efeito altamente significativo encontrado para testemunha verus o resto, vem confirmar mais uma vez a pobreza desse solo em P nativo disponível às plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por GOEDERT e LOBATO (1980) com curvas de respostas de quatro cultivos (trigo, soja, soja e arroz), em relação a doses de P aplicadas como superfosfato triplo, antes do primeiro cultivo.

Como não se encontrou significância para as interações (tabela 17), comparou-se as médias de produção de grãos de soja para fontes de fósforo, para doses de fósforo a lanço e para doses de manutenção, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Verifica-se na tabela 18 que para o segundo

TABELA 16 - Efeito residual de fontes e doses de P_2O_5 total a lanço + manutenção, no segundo ano, medido pela produção de soja em kg/ha.

Fontes de Fósforo	kg P_2O_5 total/ha (a lanço)	kg P_2O_5/ha (manutenção)	BLOCOS A	B	C	D
Superfosfato triplo	145	0	1487,5	1441,5	828,8	459,5
		36	1789,8	1417,9	1122,7	928,4
		72	1941,0	2029,0	1294,5	1117,1
		108	1999,5	2640,5	1461,7	2210,3
		144	2252,7	1880,4	1115,8	1753,1
	290	0	1127,8	877,5	1074,2	1104,7
		36	1952,7	1778,3	1282,9	1379,1
		72	2018,1	3050,1	2114,2	1061,0
		108	1916,7	1729,8	2173,9	1141,2
		144	1999,2	1999,2	2690,0	1330,9
	435	0	1613,5	1906,1	1986,9	1393,4
		36	1681,4	1385,9	2245,4	2294,7
		72	1371,4	1708,6	2477,8	1916,7
		108	1696,5	1645,7	2558,6	2246,4
		144	1881,8	1469,5	2126,2	2126,2
	580	0	1612,9	1997,2	2714,8	1911,6
		36	1918,6	1987,5	2628,5	1963,6
		72	1870,0	2306,8	1666,7	1619,0
		108	1553,2	1975,9	2270,1	2719,2
		144	2086,2	2174,1	1636,1	2360,9
Termofosfato Mg-Yoorin	145	0	1099,1	1402,5	1262,1	2021,5
		36	1259,5	1266,4	1704,1	1123,0
		72	1812,2	2024,1	2099,1	1785,0
		108	1493,4	1417,4	2174,4	1715,0
		144	1725,7	2596,7	1851,9	2404,2
	290	0	2161,3	1449,3	2517,1	1345,4
		36	2666,9	1556,9	2293,4	2115,1
		72	2409,3	2318,4	2558,6	1741,8
		108	2252,3	2172,9	1923,6	1877,5
		144	2150,6	2043,0	2614,1	2319,5
	435	0	1659,6	1977,2	2580,7	1210,9
		36	2425,2	1846,7	2712,1	2448,9
		72	1215,2	2033,6	2742,8	1955,2
		108	1980,6	2031,1	2389,5	2391,3
		144	1656,2	2522,8	2973,5	2007,2
	580	0	1404,2	2618,8	2055,7	2061,0
		36	1975,2	2424,1	2043,0	2034,0
		72	1548,8	3576,5	1907,1	1302,3
		108	1759,0	2604,6	2875,6	1660,6
		144	1651,8	3115,0	2257,2	1505,4
Fosfato de Araxá	145	0	900,8	600,6	1307,0	1243,0
		36	1505,4	1040,0	660,6	1214,7
		72	1739,2	1597,7	1350,1	998,7
		108	1373,3	1999,2	1197,1	1659,6
		144	1899,6	1569,0	1804,1	1320,0
	290	0	767,0	1743,4	1171,4	1307,0
		36	716,8	1825,9	1896,1	985,0
		72	621,2	1917,8	1905,1	1307,0
		108	941,4	1290,1	1913,1	1417,9
		144	1353,1	2414,5	2045,4	2219,2
	435	0	1504,3	1350,1	1115,8	1010,7
		36	1133,6	1776,5	1314,2	1111,1
		72	1720,2	2092,1	1963,6	1045,4
		108	1213,6	1633,0	1910,9	1561,6
		144	1521,8	2407,7	1569,0	1841,8
	580	0	1434,2	1704,1	1671,3	1057,1
		36	1484,3	1811,3	1314,2	1369,2
		72	1542,7	2318,8	1544,7	1188,2
		108	1737,2	1318,9	2828,1	1378,4
		144	2057,2	1928,5	2208,5	1123,0
Testemunha		0	252,3	705,0	716,9	264,4

TABELA 17 - Análise de variância realizada com dados de produção de soja, em função do efeito residual de fontes e doses de P_2O_5 total + manutenção no segundo ano.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	5.261.059,25	1.753.686,42	10,05**
Fontes (F)	2	10.671.760,51	5.335.880,26	28,14**
Doses (D)	3	5.371.545,19	1.790.515,06	9,44**
Manutenção (M)	4	6.712.785,28	1.678.196,32	8,85**
Interação F x D	6	1.010.668,21	168.444,70	0,89
Interação F x M	8	871.065,01	108.883,13	0,57
Interação D x M	12	2.717.910,91	226.492,57	1,19
Interação F x D x M	24	2.325.838,74	96.909,95	0,51
Testemunha versus resto	1	8.625.341,45	8.625.341,45	45,49**
Resíduo	180	34.126.213,50	189.590,07	-
TOTAL	243	76.713.482,80	-	-

C.V. = 25,04%

cultivo o termofosfato Mg-Yoorin foi a fonte que apresentou maior efeito residual, superando o superfosfato triplo e o fosfato de Araxá. Todavia o superfosfato triplo por sua vez teve efeito residual superior ao fosfato de Araxá. Este efeito superior do termofosfato Mg-Yoorin pode ser explicado pela ação corretiva da acidez do solo, do conteúdo de cálcio e magnésio, da redução do alumínio trocável do solo, da ação sinergística do magnésio no aproveitamento de fósforo e da presença do íon silicatado (Apêndices 03, 04 e 05). Por outro lado, a EMBRAPA/CPAC (1980), além de encontrar o efeito corretivo da acidez do solo, verificou um maior teor de magnésio em folhas de *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes capitata* nos tratamentos com termofosfato Mg-Yoorin, comparados aos tratamentos com superfosfato triplo e fosfato de Araxá, ao que o autor associou a maior resposta do termofosfato Mg-Yoorin.

Com relação ao fosfato de Araxá, verificou-se uma baixíssima eficiência no primeiro ano de cultivo (tabela 13), mas melhorou sensivelmente no segundo ano de cultivo (tabela 18), concordando com os resultados de RIOS *et alii* (1971), PEREIRA *et alii* (1974) e GOEDERT e LOBATO (1980).

Na tabela 19, acham-se as comparações de médias de produções de grãos de soja, sob o efeito residual das doses de fósforo aplicadas a lanço em novembro de 1978. Verifica-se que a produção máxima obtida foi com a dose de 580 kg de P_2O_5 total/ha. Porém, estatisticamente a dose de 290 kg de P_2O_5 total/ha foi suficiente, pois a mesma não diferiu da do-

se que proporcionou produção máxima e também foi suficiente para atingir o nível crítico (80% do máximo de produção potencial). Estes dados concordam com o discutido no item 4.3.1. e o observado por GOEDERT e LOBATO (1980).

TABELA 18 - Médias de produção de soja, sob o efeito residual de fontes de fósforo aplicadas a lanço, no segundo cultivo (ano agrícola 79/80).

Fontes de fósforo	kg/ha
Superfosfato triplo	1.795,9 b[a/]
Termofosfato Mg-Yoorin	2.022,1 a
Fosfato de Araxá	1.506,9 c

d.m.s. 5% fontes = 161,1

[a/] Na vertical, letras diferentes indicam efeito significativo.

TABELA 19 - Médias de produção de grãos de soja, sob o efeito residual de doses de fósforo aplicadas a lanço, no segundo cultivo (ano agrícola 79/80).

Doses de fósforo (kg de P_2O_5/ha)	kg/ha
145	1.538,3 b[a/]
290	1.767,4 a
435	1.854,8 a
580	1.939,5 a

d.m.s. 5% doses = 204,0

[a/] Na vertical, letras diferentes indicam efeito significativo.

As médias de produção de grãos de soja nas doses de P (na forma de superfosfato triplo) aplicados em manutenção (sulco de plantio), acham-se na tabela 20. Os dados mostram que a dose de 144 kg de P_2O_5/ha foi a que proporcionou a produção máxima. No entanto se se considerar a produção máxima obtida como 100%, verifica-se que, para atingir os 80% do máximo de produção potencial foi necessário apenas 36 kg de P_2O_5/ha. Esses resultados mostram que apesar de não se obter significância para as interações fontes de fósforo versus manutenção e doses de fósforo versus manutenção (tabela 17), as fontes e doses aplicadas a lanço antes do primeiro cultivo, aumentou o P disponível (tabela 09) a níveis que apenas uma dose de 36 kg de P_2O_5/ha no segundo cultivo foi suficiente para atingir o nível crítico.

TABELA 20 - Médias de produção de grãos de soja, sob efeito das doses de fósforo aplicadas em manutenção, no segundo ano agrícola (ano agrícola 79/80).

Doses de fósforo (kg de P_2O_5/ha)	kg/ha
0	1.505,2 c[a/]
36	1.683,5 bc
72	1.819,8 ab
108	1.875,6 ab
144	1.990,8 a

d.m.s. doses manutenção = 242,5

a/ Na vertical, letras diferentes indicam efeito significativo.

No desdobramento dos graus de liberdade para doses de fósforo a lanço, doses de fósforo em manutenção, interação fontes versus doses e interação fontes versus manutenção, encontrou-se, conforme pode ser visto na tabela 21, efeito linear para todas as fontes com ou sem manutenção. O termofosfato Mg-Yoorin mostrou significância para o efeito quadrático sem manutenção.

As equações de regressão ajustadas acham-se na tabela 22, e os gráficos nas figuras 03 e 04. Verifica-se que com exceção do termofosfato Mg-Yoorin sem manutenção, as produções cresceram linearmente com os efeitos residuais das doses, sugerindo que doses maiores que as empregadas poderiam aumentar a produção. Para o termofosfato Mg-Yoorin sem manutenção (adubação corretiva) a dose cujo efeito residual proporcionou a máxima eficiência técnica (MET) foi de 444 kg de P_2O_5/ha, encontrando-se a mesma dentro da amplitude dos níveis ensaiados.

Considerando que a adubação corretiva é uma prática que melhora a capacidade produtiva do solo, BORKERT *et alii* (1979) e MIRANDA *et alii* (1979), sugerem que, o seu valor, deve ser tratado como investimento com prazo de amortização não inferior a quatro anos. Portanto, neste trabalho para cálculo da máxima eficiência econômica (MEE) considerou-se a adubação corretiva pagável em quatro anos, tomando-se o preço do kg de P_2O_5 total e o preço mínimo do kg de soja para ou

TABELA 21 - Análise de variância para o desdobramento dos graus de liberdade para doses, manutenções, interação fontes versus doses e interação fontes versus manutenções, para produção de grãos de soja, em função de fontes e doses de P_2O_5 total + manutenção, no segundo ano.

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
(Doses d. fonte 1)	(3)	(2.792.585,6)	(930.861,9)	(4,91)**
Componente linear	1	2.778.005,5	2.778.005,5	14,65**
Comp. quadrática	1	4.658,9	4.658,9	0,02
Comp. cúbica	1	9.921,2	9.921,2	0,05
(Doses d. fonte 2)	(3)	(2.646.698,7)	(882.232,9)	(4,65)**
Componente linear	1	1.558.852,1	1.558.852,1	8,22**
Comp. quadrática	1	950.480,0	950.480,0	5,01*
Comp. cúbica	1	137.366,6	137.366,6	0,72
(Doses d. fonte 3)	(3)	(942.929,1)	(314.309,7)	(1,66)
Componente linear	1	917.687,4	917.687,4	4,84*
Comp. quadrática	1	3.861,4	3.861,4	0,02
Comp. cúbica	1	21.380,3	21.380,3	0,11
(Manutenção d. fonte 1)	(4)	(2.720.444,1)	(680.111,0)	(3,59)**
Componente linear	1	2.225.622,2	2.225.622,2	11,74**
Comp. quadrática	1	444.644,6	444.644,6	2,35
Comp. cúbica	1	6.492,3	6.492,3	0,03
Comp. quártica	1	43.685,0	43.685,0	0,23
(Manutenção d. fonte 2)	(4)	(1.398.583,2)	(349.645,8)	(1,84)
Componente linear	1	1.218.167,1	1.218.167,1	6,42*
Comp. quadrática	1	18.774,0	18.774,0	0,09
Comp. cúbica	1	151.271,5	151.271,5	0,80
Comp. quártica	1	10.370,7	10.370,7	0,05
(Manutenção d. fonte 3)	(4)	(3.464.822,9)	(866.205,7)	(4,57)**
Componente linear	1	3.307.313,8	3.307.313,8	17,44**
Comp. quadrática	1	19.745,7	19.745,7	0,10
Comp. cúbica	1	5.827,4	5.827,4	0,03
Comp. quártica	1	131.936,0	131.936,0	0,70

TABELA 22 - Função de produção, coeficiente de determinação (r), máxima eficiência técnica (MET), máxima eficiência econômica (MEE), em função do efeito residual das fontes aplicadas a lanço em novembro de 1978, com manutenção, no segundo cultivo.

Fontes de fósforo	Função de produção	r(%)	kg de P_2O_5 total/ha	
			MET	MEE[a/]
SEM MANUTENÇÃO[b]				
Superfosfato triplo	$\hat{Y} = 1.379,30 + 1,1494\ P$	94	-	-
Termofosfato Mg-Yoorin	$\hat{Y} = 1.165,04 + 4,6197\ P - 0,005184\ P^2$	93	444	283
Fosfato de Araxá	$\hat{Y} = 1.267,44 + 0,6606\ P$	93	-	-
COM MANUTENÇÃO				
Superfosfato triplo	$\hat{Y} = 1.560,10 + 3,2760\ P$	85	-	-
Termofosfato Mg_Yoorin	$\hat{Y} = 1.847,67 + 2,4238\ P$	84	-	-
Fosfato de Araxá	$\hat{Y} = 1.219,39 + 3,9937\ P$	88	-	-

a/ Preço mínimo da soja - out/81 = Cr$ 18,54/kg; preço do P_2O_5 total - out/81 = Cr$ 123,95/kg. Considerou-se a adubação corretiva pagável em quatro anos.

b/ Corresponde ao zero kg de P_2O_5/ha em manutenção.

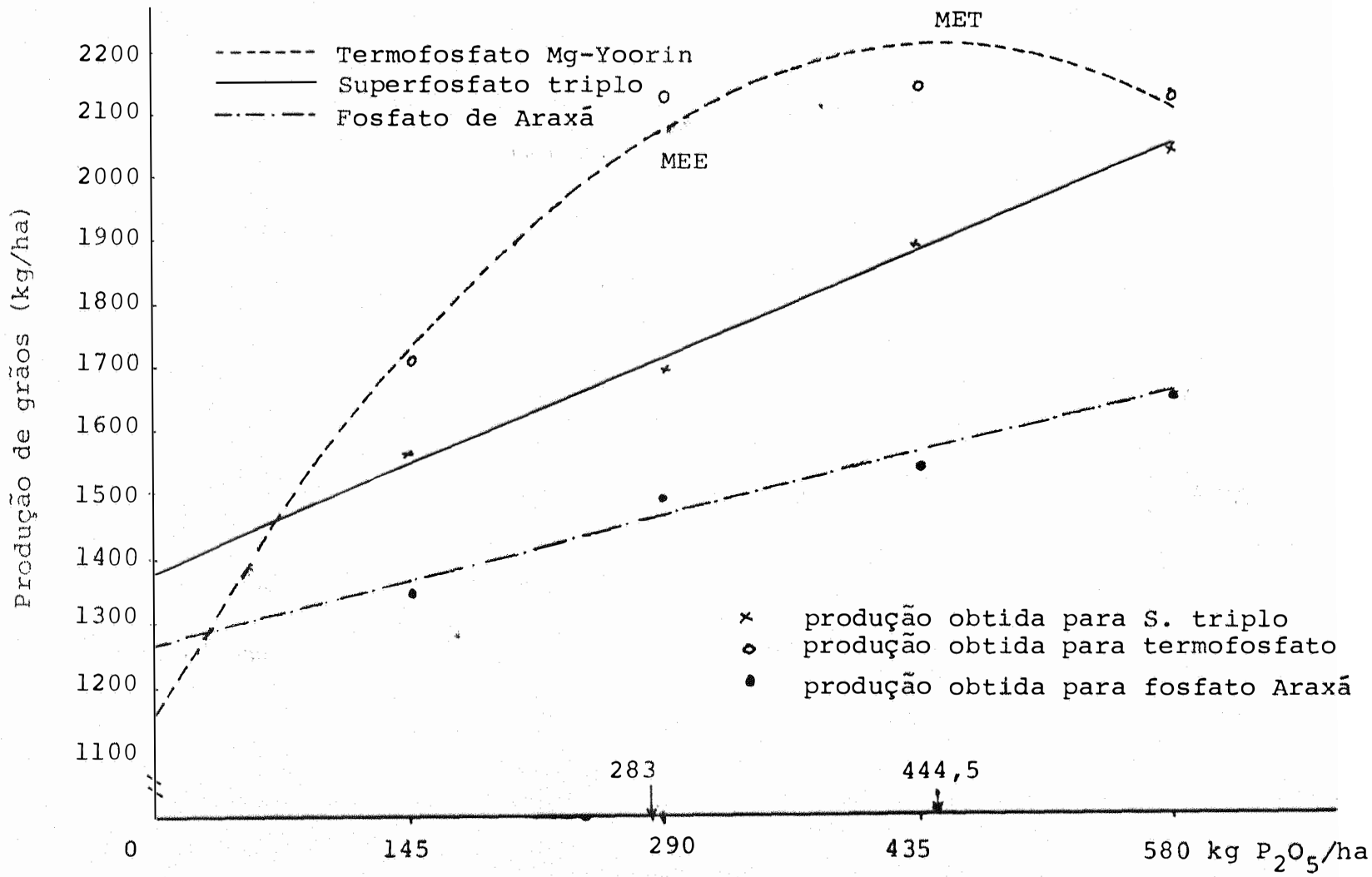


FIGURA 03 - Efeito estimado do fósforo aplicado ao solo em kg/ha de P_2O_5 total, de três fontes de fertilizantes fosfatado, no rendimento de grãos de soja, no segundo ano.

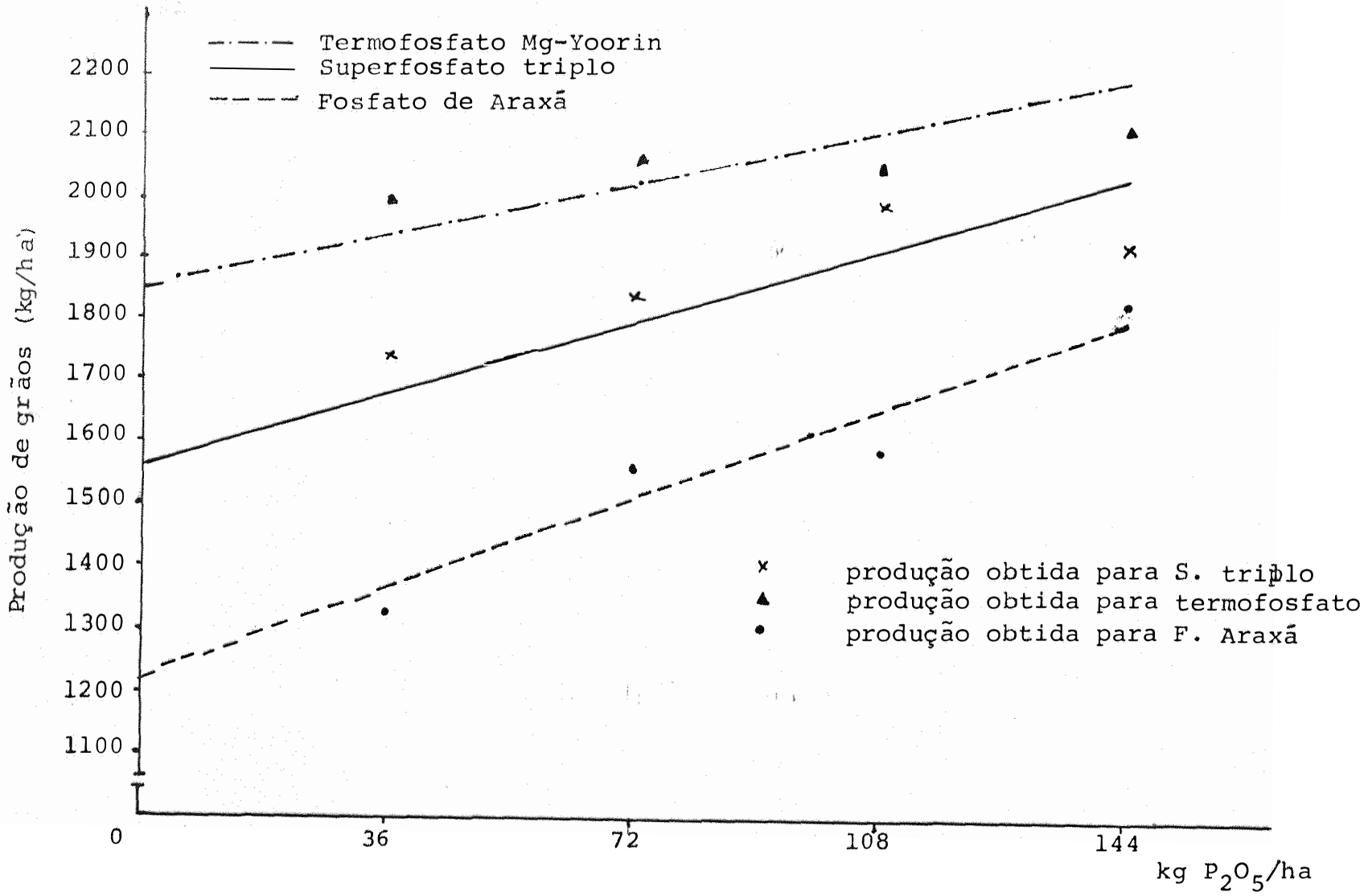


FIGURA 04 - Efeito estimado do fósforo aplicado ao solo, de três fontes de fertilizante fosfatado, no rendimento de grãos de soja, nas respectivas doses de manutenção em kg P_2O_5/ha na forma de superfosfato triplo no segundo ano.

tubro de 1981. Deste modo, a dose de termofosfato Mg-Yoorin , cujo efeito residual proporcionou a máxima eficiência econômica (MEE) no segundo cultivo foi a de de 283 kg de P_2O_5 total por hectare.

4.4. EFICIÊNCIA ESTIMADA DOS FOSFATOS COMPARADA AO SUPERFOSFATO TRIPLO NO SEGUNDO CULTIVO

Tomando-se os níveis de P adicionados na forma de superfosfato triplo, como uma eficiência para produção de grãos igual a 100%, tem-se na figura 05 as comparações do termofosfato Mg-Yoorin e fosfato de Araxá ao superfosfato triplo para as doses aplicadas a lanço.

Verifica-se que na dose de 290 kg de P_2O_5 total/ha a eficiência do termofosfato Mg-Yoorin foi superior a 120% em relação ao superfosfato triplo. A partir dessa dose houve uma diminuição da eficiência do termofosfato Mg-Yoorin em relação ao superfosfato triplo, à medida que se aplicou doses crescentes de P_2O_5, porém conservando uma eficiência superior a 100%.

A eficiência do fosfato de Araxá em relação ao superfosfato triplo foi de 88% na dose de 145 kg de P_2O_5 total/ha. Por outro lado, esta eficiência diminuiu à medida que se aplicou doses crescentes de P_2O_5, mas sempre foi superior a 80%. BORKERT *et alii* (1979) encontraram uma eficiência mé -

dia de 60% para o fosfato de Araxá em relação ao superfosfato triplo, em primeiro cultivo.

Na figura 06 acham-se as comparações do termofosfato Mg-Yoorin e fosfato de Araxá ao superfosfato triplo para o efeito residual + manutenção. Verifica-se que a eficiência do termofosfato Mg-Yoorin em relação ao superfosfato triplo diminui à medida que se aplica doses crescentes de P_2O_5 em manutenção. Em todas as doses de manutenção usadas a eficiência do termofosfato Mg-Yoorin foi superior a 108% em relação ao superfosfato triplo.

A eficiência do fosfato de Araxá em relação ao superfosfato triplo, aumentou linearmente com as doses de manutenção aplicadas, chegando a atingir 88% de eficiência na dose de 144 kg de P_2O_5/ha em manutenção, em relação ao superfosfato triplo.

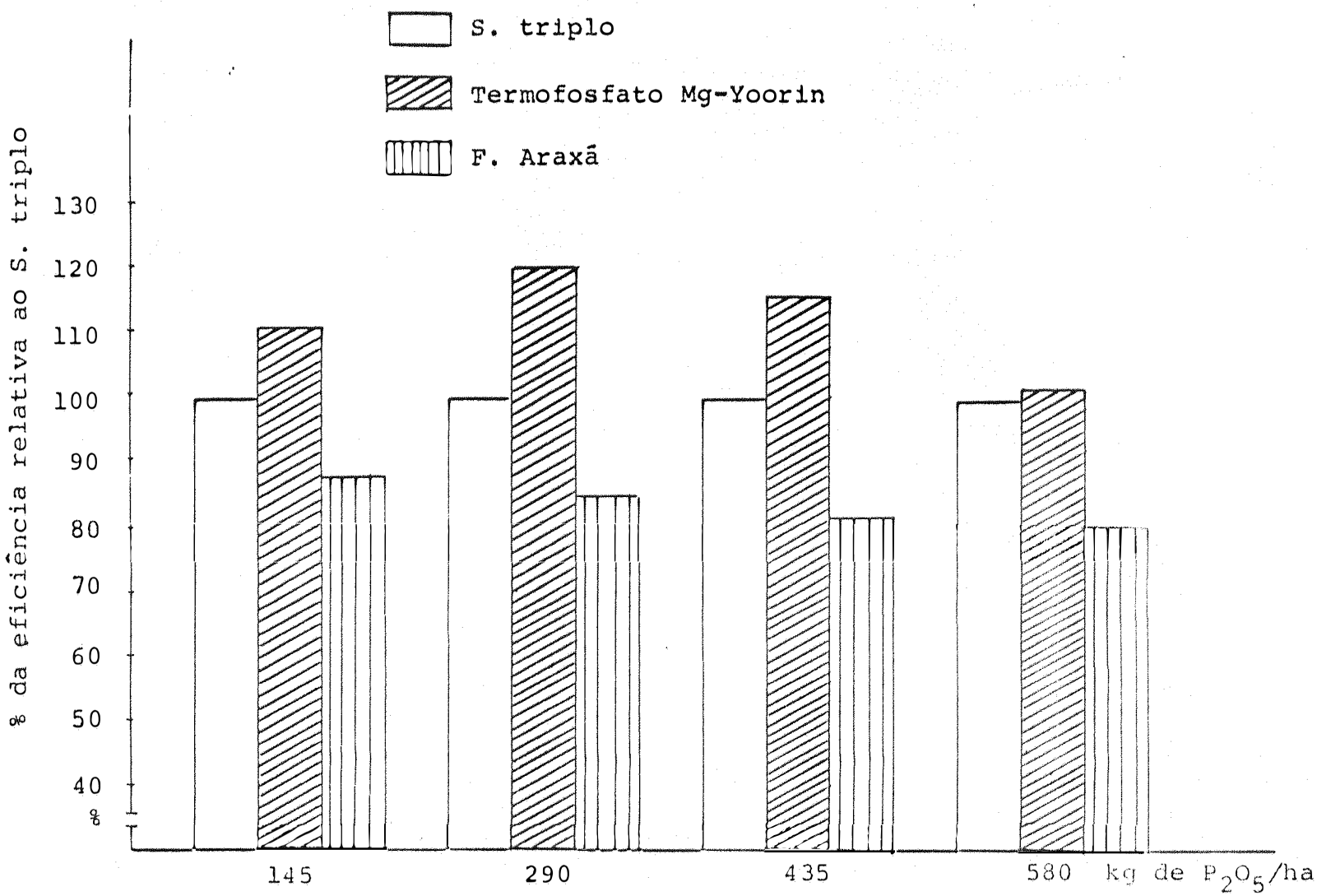


FIGURA 05 - Eficiência estimada do termofosfato Mg-Yoorin e fosfato de Araxá comparados ao superfosfato triplo (100%) na produção de grãos de soja, no segundo ano.

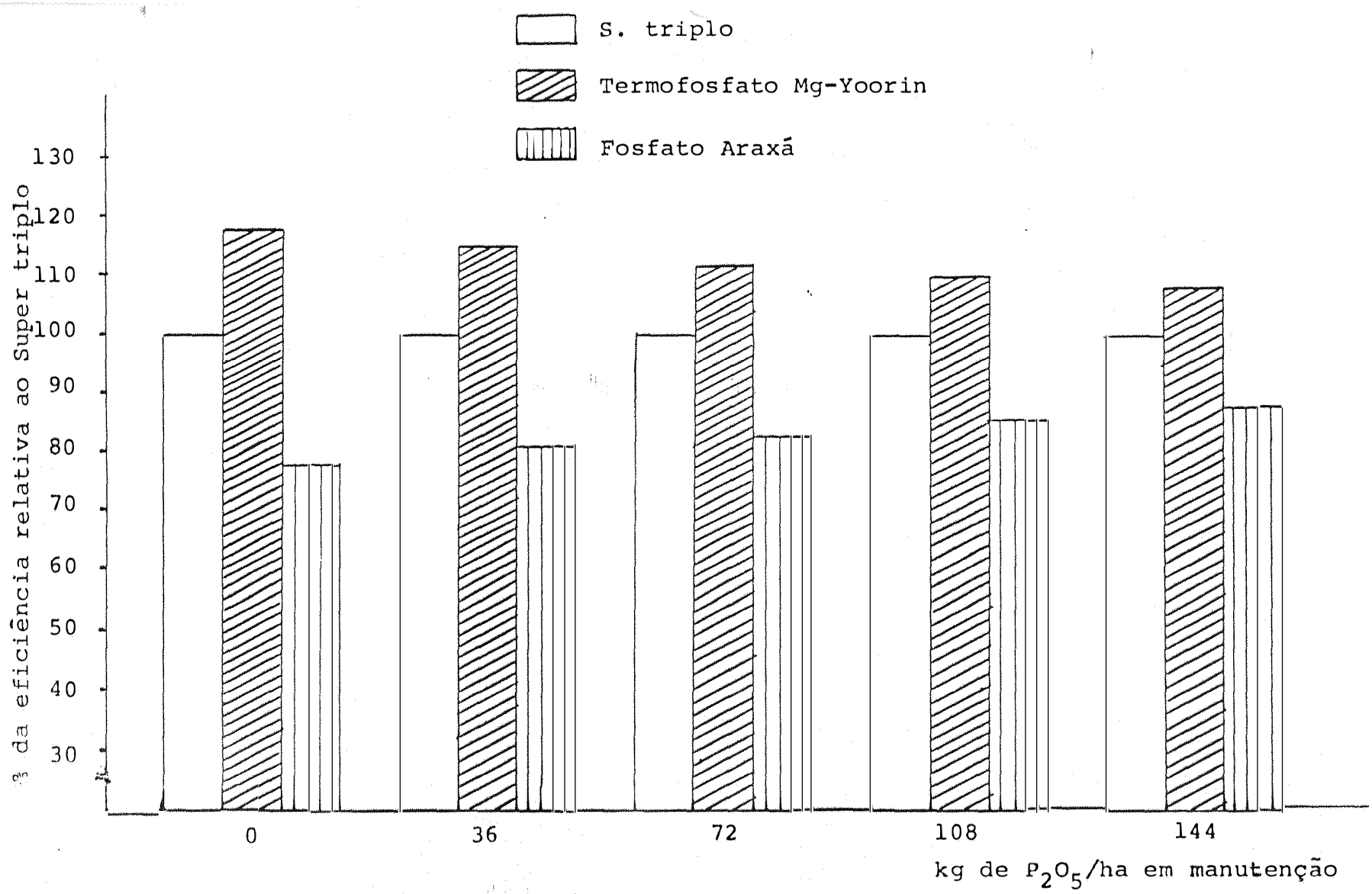


FIGURA 06 - Eficiência estimada do termofosfato Mg-Yoorin e fosfato de Araxá, nas respectivas doses de manutenção, comparados ao superfosfato triplo (100%), na produção de grãos de soja, no segundo ano.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se tirar as seguintes conclusões:

1) O solo de cerrado do município de Selvíria, MS, com o qual se trabalhou respondeu à adubação fosfatada.

2) O valor "X" calculado para a adubação corretiva propor - cionou a máxima eficiência econômica (MEE) para o termofosfato Mg-Yoorin no segundo cultivo.

3) O termofosfato Mg-Yoorin, do ponto de vista técnico, apresentou comportamento semelhante ao superfosfato triplo no primeiro cultivo, quando usado em adubação corretiva, e foi superior ao mesmo quanto aos efeitos residuais.

4) O fosfato de Araxá aumentou sua eficiência agronômica com e sem manutenção no segundo cultivo.

6. LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS, 1975. Manual de adubação; coord. MALAVOLTA, E. e J.P. ROMERO, 2ª ed. São Paulo. Ed. Ave Maria. p.95-100.

BLANCO, H.G.; W.R. VENTURINI e H. GARGANTINI, 1965. Comportamento de fertilizantes fosfatados em diferentes condições de acidez do solo, para trigo, com estudo do efeito residual para a soja. Bragantia, Campinas, 24: 261-290.

BRAGA, J.M.; B.V. DEFELIPO e D. de ANDRADE, 1972. Adubação da soja em solos sob vegetação de cerrado na região do triângulo mineiro. Rev. Ceres. Viçosa, 19(201): 52-62.

BRAGA, N.R.; H.A.A. MASCARENHAS; C.T. FEITOSA; R. HIROCE e B. van RAIJ, 1980. Efeitos de fosfatos sobre o crescimento e produção de soja. Rev. bras. Ci. solo, Campinas, 4(1): 36-39.

BORKERT, C.M.; D.S. CORDEIRO; G.J. SFREDO; J.B. PALHANO e R.C. DITTRICH, 1979. Efeito de diversas doses de fósforo de diferentes fosfatos naturais brasileiros na produção da soja, em condições de primeiro cultivo. Anais do I Semin. Nac. de Pesq. de Soja, 1: 291-297.

CARTTER, J.L. e E.E. HARTWIG, 1963. The management of soybeans. In: NORMAN, A.G. The soybean, New York, Academic Press, p. 162-221.

COOKE, G.W., 1967. The control of soil fertility. London, Crosby Lockwood & Son. p.122-138.

CORDEIRO, D.S.; D. POTTKER; C.M. BORKERT; G.J. SFREDO; A.N. MESQUITA; R.C. DITTRICH e J.B. PALHANO, 1979. Efeito de níveis e fontes de fósforo na produção e no rendimento econômico da soja na região de Dourados (MS). R. bras. ci. solo, Campinas, 3(2): 100-105.

COREY, R.B., 1973. Factors affecting the availability of nutrients to plants. In: WALSH, L.M. e BEATON, J.A. Soil testing and plant analysis. 2ª ed. Madison, Soil Science Society of American p.23-34.

DEMATTÊ, J.L.I., 1980. Levantamento detalhado dos solos do "Campus" Experimental de Ilha Solteira. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 131p. (mimeografado).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1976. Relatório técnico anual. Brasília, 150p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1978. Relatório técnico anual. Brasília. 183p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1980. Relatório técnico anual. Brasília. 170p.

FERREIRA, M.E.; F.A.F. de MELLO e M.O.C. BRASIL SOBRO, 1978. Sugestão para cálculo das necessidades de adubação fosfatada para cultivos em vaso e de níveis a serem estudados em ensaios de campo. Científica. Jaboticabal, 6(3): 387-394.

FOLEY, D.A. e S.S. GRIMM, 1973. Avaliação do efeito residual do fósforo por meio de métodos de extração e modelos matemáticos no oxissolo Passo Fundo. Agron. Sulriog., Porto Alegre, 9(2): 205-221.

FREITAS, F.G. e C.O. SILVEIRA, 1977. Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. In: FERRI, M.G. coord., Simpósio sobre o cerrado: bases para utilização agropecuária, IV Belo Horizonte, Ed. Itatiaia. São Paulo. Ed. da USP. p.155-194.

FREITAS, L.M.M.; D.S. MIKKELSEN; A.C. McLUNG e W.L. LOTT, 1963. Efeitos de calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo-cerrado. In: Simpósio sobre o cerrado, São Paulo. Ed. da USP, p.323-357.

FREITAS, L.M.M. de; E. LOBATO e W.V. SOARES, 1971. Experimento de calagem e adubação em solos sob vegetação de cerrado do DF. Pesq. agrop. bras., sér. agron. 6: 81-89.

FREITAS, L.M.M. de; T. TANAKA; E. LOBATO; W.V. SOARES e G.E. de FRANÇA, 1972. Experimentos de adubação de milho doce e soja em solos de campo cerrado. Pesq. agrop. bras., sér. agron. 7: 57-63.

GOEDERT, W.J. e E. LOBATO, 1980. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. Pesq. agrop. bras. Brasília, 15(3): 311-318.

GOEDERT, W.J.; F.F. PATELLA; J.F.V. MORAIS, 1971. Formas de fósforo num planosolo do Rio Grande do Sul e sua disponibilidade para a cultura do arroz irrigado. Pesq. agrop. bras. Rio de Janeiro, 6: 39-43.

GOEPFERT, C.F., 1976. A eficiência de diversos fertilizantes fosfatados na cultura da soja. Ipagro Informa. 13: 35-50.

GOEPFERT, C.F.; E. HILGERT; H. GONÇALVES; R.L. de MOURA; A. TEDESCO e O. SALIM, 1976. Avaliação da eficiência de cinco adubos fosfatados em três solos ácidos do Rio Grande do Sul. Agron. Sulriog., Porto Alegre, 12(2): 173-178.

JACOMINE, P.K.T., 1961. Considerações gerais sobre alguns solos de cerrados. In: Anais da I Reunião Brasileira de Cerrado, Sete Lagoas, Minas Gerais. p.130-136.

JONES, M.B. e L.M.M. de FREITAS, 1970. Resposta de quatro leguminosas tropicais a calcário num Latossol Vermelho Amarelo de campo cerrado. Pesq. agrop. bras., 5: 91-99.

KALCKMANN, R.E.; D.R. FERNANDES; M. OLIVEIRA e C. FRATTINI, 1959. Ensaio em vasos para estudo de fosfatos naturais. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 7º, Piracicaba, p.56.

KLIEMANN, H.J.; A.V. COSTA; M.R. ANTUNES e P. de M. JARDIM, 1977. Calibração de análise química do solo, caracterização da curva de resposta e efeito residual de três fontes de fósforo em soja (*Glycine max* (L.) Merril). In: Empresa Goiânia de pesq. Agrop. Relatório técnico UEPAE-1: resumo de pesquisas 1974 a 1976. Goiânia. p.74.

LEAL, J.R. e A.C.X. VELLOSO, 1973. Adsorção de fosfato em latossolos sob vegetação de cerrado. Pesq. Agrop. bras. Rio de Janeiro, 8: 81-88.

LEHR, J.R. e G.H. McLELLAN, 1972. A revised laboratory reativity scale evaluating phosphate focks for direct application. Muscle Shoals, Alabama, National Fertilizer Development Center. 36p. (Bulletin, Y-43).

MACEDO, W.S.L., 1975. Respostas à aplicação de calcário e diferentes fontes de fósforo de misturas forrageiras em dois tipos de solo. Porto Alegre, UFRGS, 116p. (Tese de Mestrado).

MAGALHÃES, J.C.A.J., 1974. Efeitos de níveis e modos de aplicação do fósforo na produção de matéria seca e conteúdo deste nutriente no milho (*Zea mays* L.), cultivado em solos de "cerrado" de Brasília. Piracicaba, ESALQ/USP. 112p. (Dissertação de mestrado).

MALAVOLTA, E., 1967. Manual de química agrícola: adubos e adubação. 2ª ed. São Paulo. Ed. Agron. Ceres. p.54-99.

MANZANO, A.; H. de POLLI; J.C. FREIRE; L.F. SOBRAL; M. de SOUZA; N. VENTORIN e F. de A.F. de MELLO, 1976. Fixação de fósforo por um latossolo e determinação do valor "X". Anais da ESALQ. Piracicaba, 33: 625-633.

MASCARENHAS, H.A.A.; O.C. BATAGLIA; C.T. FEITOSA; V. NAGAI; H. HIROCE e N.R. BRAGA, 1978. Adubação da soja em solos de cerrado. Campinas, Inst. Agron. 28p. (Boletim Técnico, 54).

MASCARENHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; N.R. BRAGA; M.A.C. MIRANDA e O. TISSELLI Fº, 1977. Calagem e adubação da soja. In: A soja no Brasil Central. Campinas. Fundação Cargill, p.84-138.

MASCARENHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; T. IGUE e F.S. FREIRE, 1967. Adubação da soja. VII - Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em Latossolo-Roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado. Bragantia, Campinas, 26: 143-154.

MIRANDA, L.N.; J. MIELNICZUK e E. LOBATO, 1979. Calagem e adubação corretiva. In: MARCHETTI, D. e A.D. MACHADO, coord. Simpósio sobre o cerrado: uso e manejo. V. Brasília. p. 521-578.

MIYASAKA, S.; E.S. FREIRE e H.A.A. MASCARENHAS, 1964. Ensaio de adubação da soja e do feijoeiro em solo de Arenito Botucatu, com vegetação de cerrado. Bragantia, Campinas, 23: 45-54.

McLUNG, A.C.; L.M.M. de FREITAS; J.R. GALLO; L.R. QUINN e G.O. MOTT, 1958. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade, em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. Bragantia, Campinas, 17(3): 29-44.

NOVAIS, R.F.; J.M. BRAGA e C.A.S. MARTINS FILHO, 1980. Efeito do tempo de incubação do fosfato de Araxá em solos sobre o fósforo disponível. R. bras. Ci. solo, Campinas, 4(3): 153-155.

OLSEN, S.R.; W.D. KEMPER e R.D. JACKSON, 1962. Phosphate diffusion to plant roots. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc., Madison, 26(3): 222-227.

PARADA, J.M. e S.M. de ANDRADE, 1977. Cerrados - recursos minerais. In: FERRI, M.G. coord. Simpósio sobre o cerrado: bases para utilização agropecuária, IV, Belo Horizonte. Edit. Itatiaia. São Paulo. Ed. da USP. p.195-210.

PEREIRA, J.; J.M. BRAGA e R.F. de NOVAIS, 1974. Efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de soja (*Glycine max* (L.) Merril), em um solo sob campo cerrado. Revista Ceres, Viçosa, 21(115): 227-246.

PHILLIPS, A.B. e J.R. WEBB, 1971. Production, marketing and use of phosphorus fertilizers. In: OLSON, R.A.; T.J. ARMY; J.J. HANWAY e V.J. KILMER. 2ª ed. Fertilizer technology & use. Madison, Soil Sci. Soc. of America. p.271-300.

PIMENTEL GOMES, F., 1963. Curso de estatística experimental. 2ª ed., Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 404p.

RAIJ, B. van, 1975. Interpretação da análise de terra. Campinas, Inst. Agron., 8p. (mimeografado).

RAIJ, B. van, 1978. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. R. bras. ci. solo; Campinas, 2(1): 1-9.

RAIJ, B. van e M.A.T. ZULLO, 1977. Métodos de análise de solo. Campinas, Inst. Agron. 16p. (Circular 63).

REZENDE, J., 1974. Capacidade de fixação por solos dos Estados da Bahia e Sergipe: influência do pH e tempo de reação. Piracicaba, ESALQ/USP. 81p. (Dissertação de mestrado).

RIOS, G.P.; J.F. MENDES e T. SILVA, 1971. Ensaios de adubação fosfatada em soja. Série Pesquisa/Extensão. Sete Lagoas, 7: 4-5.

SEATZ, L.; F. STAMBERRY e O. CANNEY, 1963. Advances in phosphate fertilization. In: McVICKAR, M.H.; G.L. BRIDGER e L.B. NELSON. Fertilizer technology, and usage. Soil Sci. of America, Madison, p. 155-180.

SFREDO, G.J.; C.M. BORKERT; D.S. CORDEIRO; J.B. PALHANO e R.C. DITTRICH, 1979. Comparação de cinco extratores de fósforo do solo, considerando-se o tempo de incorporação de três adubos fosfatados. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 3: 111-115.

SICHMANN, W., 1977. A cultura da soja. In: A soja no Brasil Central. Campinas, Fundação Cargill. p.217-262.

SOBRAL, L.F., 1975. Fixação de fósforo e adubação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um Cambisol do Estado do Sergipe. Piracicaba, ESALQ/USP. 45p. (Dissertação de mestrado).

SOARES, W.V.; E. LOBATO; E. GONZALES e G.C. NADERMAN Jr., 1975. Encalado de los suelos del cerrado brasileño. In: BORNEMISZA, E. e A. ALVARADO ed. Manejo de suelos en la America Tropical. Raleigh, Univ. Cons. on soils of the tropics. p.287-303.

VERDADE, F.C., 1971. Agricultura e silvicultura no cerrado. In: Simpósio sobre o cerrado, III. São Paulo, Edit. da USP. p.65-66.

VETTORI, L., 1969. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. Equipe de pedologia e fertilidade do solo. 24p. (Boletim técnico nº 7).

VIEGAS, G.P.; E.S. FREIRE e A. CONAGIN, 1961. Adubação de milho. XVIII. Ensaios de diversos fosfatos (4ª série). Bragantia. Campinas, 20(1):;1-13.

VIEGAS, G.P.; E. SMITH e E.S. FREIRE, 1961a. Adubação de milho. XVII - Ensaios com diversos fosfatos. (3ª série). Bragantia. Campinas, 20(1): 15- 34.

VOLKWEISS, S.J. e B. van RAIJ, 1977. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: FERRI, M.G. coord. Simpósio sobre o Cerrado: bases para utilização agropecuária, IV. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia. São Paulo, Ed. da USP. p.317-332.

VOLL, E. e I.A. BAYS, 1976. Correção e adubação para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merril) em um Latossol Roxo distrófico. Pesq. Agron. bras., série Agron., 11: 93-99.

WAUGH, D.L. e J.W. FITTS, 1966. Estudos para interpretação de análises de solo: de laboratório e em vasos. Raleigh, International Soil Testing. 33p. (Boletim técnico nº 3).

WHITNEY, W.T. e C.A. HOLLINGSWORTH, 1969. Calcined, fused and defluorinates phosphates. In: WAGGAMAN, W.H. Phosphoric acid, phosphates and phosphatic fertilizers. New York, Hafner. p.376-406.

7. APÊNDICE

APÊNDICE 01 - Precipitação pluvial do ano agrícola 78/79. Fazenda Experimental da UNESP - "Campus" de Ilha Solteira.

Dia	Precipitação (mm)						
	1978		1979				
	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI
01							
02						52,8	
03			0,6		0,2	5,7	
04	16,2		17,5	2,8		19,5	
05	4,9		16,9				
06			9,5				
07							
08		86,0					
09		2,1					
10		1,2			0,6		
11	8,4	1,7	5,3				
12			12,3		4,2		
13			36,0	1,5	2,5		
14		3,0		2,2	9,8		
15		7,6			3,4		
16							
17		0,2		0,2			
18							
19							
20							
21							
22				8,2			
23				10,1			
24	40,9			7,6	3,9		
25			3,8				
26		49,7	0,1		2,0		
27	1,4	10,5					
28	7,5						
29			1,8				
30			0,3			0,7	
31		16,2					

APÊNDICE 02 - Precipitação pluvial do ano agrícola 79/80. Fazenda Experimental da UNESP - "Campus" de Ilha Solteira.

Dia	Precipitação (mm)						
	1978		1979				
	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI
01		4,0				36,0	5,0
02		5,0				1,0	
03	9,0					2,0	
04		9,0			2,0	13,0	
05					1,0		
06	9,0						
07	19,0		5,0	3,0			
08	20,0		7,0			10,0	
09	39,0					2,0	
10	5,0	3,0	4,0	31,0			19,0
11			7,0	13,0		15,0	
12		13,0		4,0		3,0	
13		5,0		4,0	10,0		
14		3,0		5,0	56,0	13,0	
15		8,0					
16		48,0			1,0		
17							
18	15,0		52,0				
19		24,0	8,0				
20		21,0	9,0				26,0
21		20,0	4,0				4,0
22		30,0	3,0				
23	6,0	22,0					
24	4,0	94,0	7,0	66,0			
25	16,0			61,0			
26		6,0		17,0			
27		2,0		15,0			
28		2,0		18,0			
29				22,0			
30		2,0	14,0				
31			8,0				

APÊNDICE 03 - Valores de pH no solo, em diferentes períodos, função de fontes e doses de fósforo incorporadas em novembro de 1978. (Média de quatro repetições)

Fontes de Fósforo	kg P_2O_5 total/ha	1978		1979		1980
		Out[a/]	Nov	Mar	Nov	Mar
	145	5,0	4,8	5,0	5,0	5,5
Superfosfato	290	5,4	4,9	5,0	5,0	5,3
triplo	435	4,8	4,9	5,1	4,9	5,5
	580	5,2	4,8	4,8	5,0	5,3
	145	5,4	5,1	5,3	5,2	5,5
Termofosfato	290	5,1	5,2	5,2	5,1	5,5
Mg-Yoorin	435	5,8	5,1	5,5	5,4	5,7
	580	5,0	5,4	5,4	5,6	5,7
	145	4,9	4,9	5,2	5,1	5,4
Fosfato de	290	6,1	5,2	5,1	5,0	5,4
Araxá	435	4,9	4,8	4,8	5,0	5,4
	580	5,0	4,9	5,0	5,0	5,4
Testemunha	0	5,3	5,1	5,1	5,0	5,4

a/ Determinação antes da aplicação das fontes fosfatadas.

APÊNDICE 04 - Valores de alumínio no solo, em diferentes pedos, em função de fontes e doses de fósforo incorporadas em novembro de 1978. (Média de quatro repetições)

Fontes de Fósforo	kg P_2O_5 total/ha	e.mg/100 ml de TFSA				
		1978		1979		1980
		Out[a/]	Nov	Mar	Nov	Mar
Superfosfato triplo	145	0,09	0,11	0,03	0,09	0,11
	290	0,22	0,15	0,11	0,11	0,11
	435	0,37	0,16	0,09	0,08	0,14
	580	0,22	0,15	0,12	0,09	0,16
Termofosfato Mg-Yoorin	145	0,06	0,14	0,04	0,02	0,07
	290	0,10	0,06	0,04	0,01	0,04
	435	0,09	0,01	0,00	0,02	0,04
	580	0,23	0,16	0,00	0,02	0,03
Fosfato de Araxá	145	0,15	0,03	0,09	0,09	0,09
	290	0,14	0,07	0,06	0,06	0,08
	435	0,12	0,01	0,01	0,09	0,14
	580	0,28	0,16	0,06	0,07	0,09
Testemunha	0	0,16	0,10	0,08	0,09	0,09

a/ Determinação antes da aplicação das fontes fosfatadas.

APÊNDICE 05 - Valores de cálcio + magnésio no solo, em diferentes períodos, em função de fontes e doses de foro incorporadas, em novembro de 1978. (Média de quatro repetições)

Fontes de Fósforo	kg P_2O_5 total/ha	e.mg/100 ml de TFSA				
		1978		1979		1980
		Out[a/]	Nov	Mar	Nov	Mar
Superfosfato triplo	145	2,0	2,1	2,8	2,4	2,5
	290	1,9	2,3	2,5	2,5	2,8
	435	2,0	2,0	2,0	2,2	2,6
	580	1,5	2,0	2,1	1,9	2,4
Termofosfato Mg-Yoorin	145	2,5	2,6	3,0	2,4	3,1
	290	2,3	2,8	3,0	2,6	3,2
	435	1,7	2,5	3,5	3,6	3,9
	580	1,8	3,2	3,5	3,8	3,9
Fosfato de Araxá	145	1,7	2,5	2,5	2,2	2,8
	290	2,2	2,2	2,2	2,4	2,5
	435	1,4	1,6	2,0	2,0	2,1
	580	1,9	2,0	3,3	2,0	2,7
Testemunha	0	1,8	2,2	2,0	2,0	2,0

[a/] Determinação antes da aplicação das fontes fosfatadas.